Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale,, n. 130 del 7 giugno 2007 - Serie generale

Spediz. abb. post. 45% - art. 2, comma 20/b
Legge 23-12-1996, n. 662 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA **Roma - Giovedì, 7 giugno 2007** SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00198 ROMA - CENTRALINO 06 85081

N. 133

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

DECRETO 29 gennaio 2007.

Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

S O M M A R I O

**MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO
E DEL MARE**

DECRETI, DELIBERE E ORDINANZE MINISTERIALI

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

DECRETO 29 gennaio 2007.

Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO
E DEL MARE

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO
DELLO SVILUPPO ECONOMICO

E

IL MINISTRO DELLA SALUTE

Visto il decreto legislativo 18 gennaio 2005, n. 59, recante «Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento» e in particolare l'art. 4, comma 1 che prevede l'emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, nonché che l'autorizzazione integrata ambientale sia rilasciata, tra l'altro, nel rispetto delle linee guida medesime e l'art. 4, comma 2, che prevede che, fino all'istituzione di una nuova commissione integrata secondo le disposizioni dello stesso comma, operi la commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Acquisiti gli elaborati tecnici riportati in allegato al presente decreto, predisposti dalla commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Sentita la Conferenza unificata istituita ai sensi del decreto legislativo 25 agosto 1997, n. 281 nella seduta del 5 ottobre 2006;

Decreta:

Art. 1.

Emanazione delle linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

Ai sensi dell'art. 4, commi 1 e 2 del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, sono emanate linee guida recanti i criteri specifici per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per gli impianti esistenti che esercitano le attività rientranti nelle categorie descritte ai seguenti punti dell'allegato I del medesimo decreto:

5.1. Impianti per l'eliminazione o il ricupero di rifiuti pericolosi, della lista di cui all'art. 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE quali definiti negli allegati II A e II B (operazioni R 1, R 5, R 6, R 8 e R 9) della direttiva 75/442/CEE e nella direttiva 75/439/CEE del Consiglio, del 16 giugno 1975, concernente l'eliminazione degli oli usati, con capacità di oltre 10 tonnellate al giorno;

5.2. Impianti di incenerimento dei rifiuti urbani quali definiti nella direttiva 89/369/CEE del Consiglio, dell'8 giugno 1989, concernente la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, e nella direttiva 89/429/CEE del Consiglio, del 21 giugno 1989, concernente la riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, con una capacità superiore a 3 tonnellate all'ora;

5.3. Impianti per l'eliminazione dei rifiuti non pericolosi quali definiti nell'allegato II A della direttiva 75/442/CEE ai punti D 8, D 9 con capacità superiore a 50 tonnellate al giorno.

Tali linee guida, che costituiscono parte integrante del presente decreto, sono riportate in allegato.

Per criteri di tipo generale e per la definizione dei sistemi di monitoraggio relativamente alle categorie di attività citate al comma 1, le linee guida riportate in allegato sono da considerarsi unitamente alle linee guida generali e alle linee guida in materia di sistemi di monitoraggio già emanate per le attività rientranti nelle categorie descritte ai punti 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 6.1 nell'allegato I del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, con decreto del 31 gennaio 2005, pubblicato nel supplemento ordinario n. 107 alla *Gazzetta Ufficiale* 13 giugno 2005.

Art. 2.

Entrata in vigore

1. Il presente decreto entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Il presente decreto sarà trasmesso agli organi di controllo per la registrazione e pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 29 gennaio 2007

Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
PECORARO SCANIO

Il Ministro dello sviluppo economico
BERSANI

Il Ministro della salute
TURCO

Registrato alla Corte dei conti il 30 aprile 2007
Ufficio controllo atti Ministeri delle infrastrutture ed assetto del territorio, registro n. 4, foglio n. 156

ALLEGATO

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili
ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

5 Gestione dei rifiuti

(Trattamento dei PCB, degli apparati e dei rifiuti contenenti PCB e per gli impianti di stoccaggio)

INDICE

PREMESSA

Il presente documento riassume le proposte del Gruppo Tecnico Ristretto (GTR) sulla gestione dei rifiuti, istituito dalla Commissione Nazionale ex art. 3 comma 2 del DLgs 372/99, nell'ambito delle attività inerenti la redazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
Il GTR risulta così costituito:

- dott.ssa Rosanna Laraia (APAT, coordinatore) designata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Fabrizio De Poli (MATT), designato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Marco Di Basilio (ISPESL) e dott.ssa Loredana Musmeci (ISS), designati dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Di Masi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Guido Morini e dott. Paolo Cesco designati da Confindustria.

Il documento è stato elaborato nell'ambito del sottogruppo " Impianti di decontaminazione degli apparecchi contenenti PCB" al quale hanno partecipato, oltre alla dott.ssa Rosanna Laraia, coordinatore del GTR i seguenti esperti:

- dott.ssa Stefania Balzamo(APAT)
- geom. Gabriella Aragona (APAT)
- ing. Massimo Pompili (Università degli studi di Roma "La Sapienza"-Dip Ingegneria Elettrica)
- ing.Francesco Colla designato da ANIA
- dott.Massimo Bruno (ENEL)
- dott. Carlo Gerra (FS/RFI)
- dott. Massimo Tullio Petri (FS/RFI)
- ing.Luigi Napoli (Assoelettrica).

A) SCOPI ED OBIETTIVI

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come "IPPC"), per la redazione di linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD) meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.
A livello comunitario la Commissione Europea (CE) ha istituito da tempo, ai fini dell'attuazione della suddetta direttiva, un apposito "ufficio IPPC" (European IPPC Bureau, EIPPCB) con sede presso il Centro Comunitario di Ricerche di Siviglia (Joint Research Centre). L'ufficio in questione coordina una serie di gruppi tecnici cui spetta il compito di redigere dei documenti di riferimento per l'individuazione delle BAT, i cosiddetti "**B**est Available Techniques **Ref**erence documents", (BRefs).
Nel presente documento sono riportati i risultati dei lavori del GTR "Impianti di decontaminazione degli apparecchi contenenti PCB".
Nel corso dei vari capitoli in cui è articolato, si farà ripetutamente riferimento al relativo BRef comunitario "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries" (Waste Treatments BRef) che è disponibile sul sito dell'EIPPCB (http://eippcb.jrc.es) come documento definitivo, dopo una elaborazione di 3 anni, terminata nell'Agosto 2005.
Scopo principale del presente documento è quello di costituire un riferimento sulle conoscenze tecniche e tecnologiche del settore specifico, che possa essere di aiuto sia all'operatore in sede di presentazione della domanda di autorizzazione integrata ambientale, sia all'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare la relativa autorizzazione.
A tale fine si è cercato di fornire:

- una fotografia della situazione attuale italiana riguardo gli apparecchi contenenti PCB che dovranno essere decontaminati o dismessi entro il 2010 o alla fine vita dell'apparecchio come sancito dalla Direttiva europea recepita dalla normativa italiana;
- un quadro aggiornato degli impianti presenti sul territorio italiano per definire la capacità italiana a far fronte all'obbiettivo di arrivare ad una situazione di "PCB free" entro i termini di legge previsti;
- un quadro, quanto più esaustivo, dello stato attuale e delle prospettive riguardo ai processi ed alle tecnologie utilizzate per la decontaminazione dei PCB, includendo in tale accezione anche le migliori tecniche per la valutazione della presenza di PCB negli apparecchi e per lo stoccaggio di tali rifiuti prima della decontaminazione o dello smaltimento finale;
- l'analisi dei lavori svolti a livello europeo;
- informazioni riguardo agli attuali livelli di emissioni ed ai consumi di energia del settore;
- alcune linee guida su possibili tecniche che possono costituire BAT di riferimento a livello nazionale, tenuto conto della specifica situazione del settore in Italia.

Lo specifico settore a cui si riferisce la presente linea guida racchiude tutte quelle attività di trattamento per la decontaminazione dei trasformatori, dei condensatori, degli apparati contenenti PCB e dei rifiuti contenenti PCB. Sono definiti "apparecchi contenenti PCB" qualsiasi apparecchio che contiene o è servito a contenere PCB e che non ha costituito oggetto di decontaminazione; "PCB" sono: a) Policlorobifenili; b) Policlorotrifenili; c) Monometiltetraclorodifenilmetano, Monometildiclorodifenilmetano, Monometiltetrabromodifenilmetano; d) ogni miscela che presenti una concentrazione complessiva delle suddette sostanze superiore allo 0,005% in peso.

Le tecnologie che verranno descritte si riferiscono allo stoccaggio, alla decontaminazione dei PCB, degli apparati e dei rifiuti contenenti PCB. Le diverse tecniche, altamente specifiche, portano a risultati diversi nella produzione finale di rifiuti e nel recupero finale degli apparati che avevano contenuto PCB prima della decontaminazione. La scelta della tecnologia da utilizzare dipende, quindi, anche da considerazioni iniziali del detentore dell'apparecchio contenente PCB che deve disfarsi dell'apparecchio stesso o vuole continuare ad utilizzarlo nella sua precipua funzione. Queste considerazioni si basano su valutazioni di carattere tecnico-economico, quali: la vetustà dell'apparecchio, il suo valore economico, le sue condizioni operative e di buon funzionamento.
Tutte le operazioni di decontaminazione di apparecchi con relativo stoccaggio, compresa la sostituzione, devono essere realizzate con tecniche idonee da operatori qualificati provvisti di idonea autorizzazione.
Sulla definizione delle BAT, in particolare, si intende qui evidenziare (argomento che sarà discusso più in dettaglio in seguito) che la loro applicabilità non può risultare di carattere generale, essendo fortemente influenzata dalla tipologia di rifiuti trattati e, soprattutto, dalle condizioni locali nel quale lo specifico impianto è o dovrà essere installato.
A questo riguardo di particolare rilevanza risulta essere l'aspetto relativo all'analisi costi-benefici delle BAT individuate, che assume un significato molto ampio che deve includere i costi ed i benefici sia per gli Operatori che per la collettività.
La fattibilità economica sia in sede di definizione che di valutazione, deve essere effettuata caso per caso, in quanto essa non può prescindere da fattori locali (ambientali, gestionali, territoriali, economici e sociali) riguardanti sia l'azienda (es.: dimensioni ed età dell'impianto) che la presenza o meno sul territorio interessato di servizi, infrastrutture o problematiche particolari che possono influenzare in maniera notevole la quantificazione di oneri e benefici (di tutti) e quindi, in ultima analisi, le scelte di carattere tecnico-gestionale dell'azienda.
Nello spirito di "linea guida" si ritiene che nel presente documento possano essere fornite a riguardo solo indicazioni di carattere generale, che dovranno essere oggetto di verifica quantitativa di dettaglio a livello di singolo impianto, inserito in una specifica realtà locale.

B) IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE E DI QUELLA PRINCIPALE SULLA SICUREZZA DEL LAVORO RILEVANTE NEL SETTORE

Di seguito, viene riportato un elenco non esaustivo della normativa comunitaria e nazionale in tema di gestione dei rifiuti e di riduzione dell'impatto sull'ambiente che può presentare risvolti sul settore del trattamento dei rifiuti.
L'elenco riportato non ha alcuna pretesa di completezza e non può pertanto costituire un riferimento da adottare nei procedimenti autorizzativi, anche alla luce del fatto che esso non include la normativa regionale, alla quale occorre attenersi per l'esercizio degli impianti.

B.1 Normativa Comunitaria
Direttiva 76/769/CEE del 27 luglio 1976 *concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 84/360/CEE del 28 giugno 1984 *concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.*
Direttiva 85/467/CE del 1° ottobre 1985 *recante sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di ammissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 89/369/CEE dell'8 giugno 1989 *sulla prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 89/429/CEE del 21 giugno 1989 *sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti esistenti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 91/689/CEE del 12 dicembre 1991 *relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 91/692/CEE del 23 dicembre 1991 *per la standardizzazione e la razionalizzazione delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente.*
Reg. (CEE) n. 793/93 del 23 marzo 1993 "*Valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
Reg. (CEE)n. 1488/94 del 28 giugno 1994 "*Principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, a norma del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio*".
Direttiva 94/31/CE del 27 giugno 1994 *che modifica la Direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 94/62/CE del 25 novembre 1994 *sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio.*
Direttiva 94/67/CE del 16 dicembre 1994 *sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi.*
Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 *sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.*
Decisione 96/350/CE del 24 maggio 1996 *che adatta gli allegati IIA e IIB della Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti.*
Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996 *relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose* (Seveso BIS).
Direttiva 96/59/CE del 16 settembre 1996 *concernente lo smaltimento dei Policlorodifenili e dei Policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Risoluzione 97/76/CEE del 24 febbraio 1997 *Strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti.*
Direttiva 99/31/CE del 26 aprile 1999 *relativa alle discariche dei rifiuti.*
Regolamento (CE) n. 2037/2000 *sulle sostanze che riducono lo strato di ozono.*
Decisione 2000/532/CE del 3 maggio 2000 *che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art.1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio*

relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.
Direttiva 2000/53/CE del 18 settembre 2000 *relativa ai veicoli fuori uso.*
Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 *che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.*
Direttiva 2000/59/CE del 27 novembre 2000 *relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico.*
Direttiva 2000/76/CE del 4 dicembre 2000 *relativa all'incenerimento dei rifiuti.*
Decisione 2001/68/CE del 16 gennaio 2001 *che definisce i parametri relativi ai PCB ai sensi dell'articolo 10, lettera a) della direttiva 96/59/CE concernente lo smaltimento dei policlorobifenili e policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Direttiva 2001/58/CE del 27 luglio 2001 *che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza).*
Direttiva 2001/77/CE del 27 settembre 2001 *sulla promozione dell' energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili C dell' elettricità.*
Decisione 2001/118/CE del 16 gennaio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti istituito dalla Decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/119/CE del 22 gennaio 2001 *che modifica la Decisione 2000/532/CE che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art. 1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*
Decisione 2001/573/CE del 23 luglio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/753/CE del 17 ottobre 2001 *relativa al questionario che gli Stati membri devono utilizzare per le loro relazioni sull'attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/151/CE del 19 febbraio 2002 *relativa ai requisiti minimi per il certificato di rottamazione rilasciato ai sensi dell'art. 5, paragrafo 3 della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/358/CE del 25 aprile 2002 *riguardante l'approvazione, a norma della Comunità europea, del Protocollo di Kyoto allegato alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e l'adempimento congiunto dei relativi impegni.*
Decisione 2002/525/CE del 27 giugno 2002 *che modifica l'allegato II della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/1600/CE del 22 luglio 2002 *che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente.*
Decisione 2002/909/CE del 13 novembre 2002 *relativa alle norme italiane che dispensano dagli obblighi di autorizzazione gli stabilimenti o le imprese che provvedono al recupero dei rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 3 della direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Regolamento (CE) n. 2150/2002 del 25 novembre 2002 *relativo alle statistiche sui rifiuti.*
Decisione 2003/33/CE del 19 dicembre 2002, *che stabilisce criteri e procedure per l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi dell'articolo 16 e dell'allegato II della direttiva 1999/31/CE.*
Direttiva 2002/95/CE del 27 gennaio 2003 *sulla restrizione d'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Direttiva 2002/96/CE del 27 gennaio 2003 *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*

Decisione 2003/138/CE del 27 febbraio 2003 *che stabilisce norme di codifica dei componenti e dei materiali per i veicoli a norma della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Direttiva 2003/87/CE del 13 ottobre 2003 *che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra nelle Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE.*
Direttiva 2003/108/CE dell'8 dicembre 2003 *che modifica la direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAAE).*
Comunicazione della Commissione Europea del 27 maggio 2003, *Verso una Strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti* - Com(2003)301 definitivo.
Decisione 2004/156/CE del 29 gennaio 2004 *che istituisce le linee guida per il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della direttiva 2003/87/CE.*
Decisione 2004/280/CE dell'11 febbraio 2004 *relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a affetto serra nella Comunità e per attuare il Protocollo di Kyoto.*
Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004 *che modifica la direttiva 94/62/CE in materia di imballaggi e rifiuti di imballaggio.*
Decisione 2004/249/CE dell' 11 marzo 2004 *relativa al questionario ad uso degli stati membri sull'attuazione della direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Decisione 2004/279/CE del 19 marzo 2004 *concernente orientamenti per l' attuazione della direttiva 2002/03/CE relativa all' ozono nell' aria.*
Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004 *"Modifiche alla direttiva 94/62/Ce sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio"*
Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004 *concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente*
Regolamento 2005/782/CE del 24 maggio 2005 *che stabilisce il formato per la trasmissione dei risultati delle statistiche sui rifiuti*
Regolamento 2005/1445/CE del 5 settembre 2005 *che definisce gli opportuni criteri di valutazione della qualità e i contenuti delle relazioni sulla qualità delle statistiche sui rifiuti ai fini del regolamento (CE) n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio*
Direttiva 2006/12/CE del 5 aprile 2006 *relativa ai rifiuti*
Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005 *"Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"*- Com(2005)666 definitivo.
Regolamento 2006/1013/CE del 14 giugno 2006 *relativo alle spedizioni di rifiuti*

B.2 Normativa Nazionale

Normativa generale sui rifiuti e sugli impianti di trattamento rifiuti
Deliberazione del Comitato Interministeriale 27 luglio 1984 "*Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del D.P.R. 915/82 concernente lo smaltimento dei rifiuti*".
D.Lgs 27 gennaio 1992, n. 99 *"Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura"*
D.M. 29 ottobre 1997 "*Approvazione statuto CONAI*".
D.M. 5 febbraio 1998 "*Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli artt.31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22*".
D.M. 28 aprile 1998, n. 406 "*Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti*"
D.M. 15 luglio 1998 *"Approvazione statuti consorzi di filiera"*.

D.M. 1 aprile 1998, n. 145 "*Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli artt.15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del D.Lgs. 22/97*".

D.M. 1 aprile 1998, n. 148 "*Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli artt. 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4 del D.Lgs. 22/97*".

D.M. 4 agosto 1998, n. 372 "*Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti*"

D.M. 3 settembre 1998, n. 370 "*Regolamento recante le norme concernenti le modalità di prestazione della garanzia finanziaria per il trasporto transfrontaliero dei rifiuti*".

Legge 9 dicembre 1998, n. 426 "*Nuovi interventi in campo ambientale*"

Legge 25 febbraio 2000, n. 33 "*conversione in legge con modificazioni del D.L. 30 dicembre 1999, n. 500 recante disposizioni urgenti concernenti la proroga di termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB nonché l'immediata attuazione di risorse finanziarie necessarie all'attivazione del protocollo di Kyoto*".

D.M. 25 febbraio 2000, n. 124 "*Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e co-incenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della Direttiva 94/67/CEE del Consiglio del 16 Dicembre 1994, e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del DPR 24 maggio 1988, n. 203 e dell'articolo 18, comma 2, lettera a), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22*".

Legge 23 marzo 2001, n. 93 "*Disposizioni in campo ambientale*".

Legge 20 agosto 2001, n. 335 "*Conversione in legge del DL 16 luglio 2001, n. 286 recante differimento di termini in materia di smaltimento rifiuti*".

Legge 31 ottobre 2001, n. 399 "*Istituzione di una Commissione parlamentare di inchiesta sul ciclo dei rifiuti*".

Legge 21 dicembre 2001, n. 443 "*Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive*".

Direttiva Ministero dell'ambiente e tutela del territorio 9 aprile 2002 "*Indicazioni per la piena e corretta applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti*".

D.M. 12 giugno 2002, n. 161 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 22/97, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate*".

Legge 31 luglio 2002, n. 179, "*Disposizioni in materia ambientale*" (Collegato ambientale alla Finanziaria 2002).

D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 "*Attuazione della Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti*".

D.M. 13 marzo 2003 "*Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica*".

D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 182, "*Attuazione della direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi ed i residui del carico*".

D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 209, "*Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso*".

D.M. 8 maggio 2003, n. 203, "*Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30 % del fabbisogno medesimo*" (Green Public Procurement).

D.M. 3 luglio 2003, n. 194 "*Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose*".

D.P.R. 15 luglio 2003, n. 254 "*Regolamento recante disciplina della gestione dei rifiuti sanitari a norma dell'articolo 24 della legge 31 luglio 2002, n. 179*".

Legge 31 ottobre 2003, n. 306 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee*" (Legge Comunitaria 2003).
D.M. 27 novembre 2003 "*Fissazione del contributo di riciclaggio, ai sensi dell' art. 47, comma 9, lettera d), del D.Lgs. 22/97*".
D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell' elettricità*".
D.M. 2 febbraio 2004 "*Approvazione dello statuto del consorzio obbligatorio delle batterie al piombo esauste e dei rifiuti piombosi (COBAT)*".
Legge 15 dicembre 2004, n. 308 "*Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione*"
DPCM 22 dicembre 2004 "*Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2005 - cap. 1 sezione veicoli a fine vita o fuori uso*".
D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133 "*Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti*".
Legge 18 aprile 2005, n.62 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2004.*"
D.Lgs. 25 luglio 2005, n. 151 "*Attuazione della direttiva 2002/95/CE, della direttiva 2002/96/CE e della direttiva 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti*".
D.M. 3 agosto 2005 "*Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica*".
D.M. 17 novembre 2005, n. 269 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi provenienti dalle navi, che è possibile ammettere alle procedure semplificate*"
D.Lgs 23 febbraio 2006, n. 149 "*Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs 24 giugno 2003, n. 209, recante attuazione della direttiva 2000/53/CE in materia di veicoli fuori uso*".
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 "*Norme in materia ambientale*" *, parte IV*
Decreto 5 aprile 2006, n.186 "*Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22"*
D. Lgs 29 aprile 2006, n. 217 "*Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti*".
Decreto 5 maggio 2006 "*Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili*"

Inquinamento atmosferico e contenimento emissioni
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 18*".
D.P.C.M. 21 luglio 1989 "*Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali*".
D.M. 12 luglio 1990 "*Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione*".
D.P.R. 25 luglio 1991 "*Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989*".
Legge 28 dicembre 1993, n. 549 "*Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente*" (come modificata dalla **legge 16 giugno 1997, n. 179**).
Legge 15 gennaio 1994, n. 65 "*Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992*".

D.M. 15 aprile 1994 *"Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 24 maggio 1991".*
D.M. 21 dicembre 1995 *"Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali".*
D.M. 19 novembre 1997, n. 503 *"Regolamento recante norme per l'attuazione delle Direttive CEE 89/369 e 89/ 429 concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari".*
D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351 *"Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente".*
D.M. 25 agosto 2000 *"Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203".*
D.M. 4 giugno 2001 *"Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337".*
D.P.C.M. 8 marzo 2002 *"Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione".*
D.M. 2 aprile 2002, n. 60 *"Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio".*
Legge 1° giugno 2002, n. 120 *"Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997".*
D.M. 20 settembre 2002 *"Attuazione dell'articolo 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico".*
Decreto 16 gennaio 2004, n. 44 *"Recepimento della direttiva 199/13/CE relativo alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali ai sensi dell' art. 3, comma 2, del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203".*
Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171 *"Attuazione della direttiva 2001/81/Ce relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici"*
D.Lgs 21 maggio 2004, n. 183 *"Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria".*
D.M. 26 gennaio 2005 *"Istituzione presso la Direzione generale per la salvaguardia ambientale del comitato tecnico previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171"*

Tutela delle risorse idriche
Legge 11 novembre 1996, n. 574 *"Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari".*
D.M. 23 marzo 2000 recante *"Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico".*
D.M. 28 luglio 2004 *"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152".*
D.M. 12-6-2003 n. 185 *"Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*
D.M. 6 luglio 2005 *"Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152"*
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale" , parte III*

Valutazione Impatto Ambientale e IPPC

Legge 8 luglio 1986, n. 349 "*Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".

D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 "*Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".

D.P.C.M. 27 dicembre 1988 "*Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377*".

D.P.R. 12 aprile 1996 "*Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale*".

D.P.R. 11 febbraio 1998 "*Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6*".

D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348 "*Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere*".

D.P.C.M. 3 settembre 1999 "*Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale*".

D.M. 23 novembre 2001 "*Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372*" (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES).

D.M. 26 aprile 2002 "*Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999*".

Legge 1° marzo 2002, n. 39 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee*" (Legge Comunitaria 2002).

D.M. 19 novembre 2002 "*Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999*".

D.L. 24 dicembre 2003, n. 355 convertito con modificazioni in legge 27 febbraio 2004, n. 47 "*Proroga di termini previsti da disposizioni legislative*".

D.M. 1° aprile 2004 "*Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale*".

D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 "*Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento*" (IPPC).

Sicurezza e Igiene del Lavoro

D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547 "*Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*".

D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 "*Norme generali per l'igiene del lavoro*".

Legge 5 marzo 1990, n. 46 "*Norme per la sicurezza degli impianti*".

D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447 "*Regolamento di attuazione della legge 46/90 in materia di sicurezza degli impianti*".

D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 "*Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".

D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 "*Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale*".

D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242 "*Modifiche ed integrazioni al Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante l'attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".
D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493 "*Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro*".
D.M. 10 marzo 1998 "*Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro*".
D.M. 12 novembre 1999 "*Modificazioni all'allegato 11 del D.Lgs. 242/96*".
D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 359 "*Attuazione della direttiva 95/63/CE che modifica la direttiva 89/655/CEE relativa ai requisiti minimi di sicurezza e salute per l'uso di attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori*".
D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 66 "*Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro*" (TITOLO VII del D.Lgs. 626/94).
D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25 "*Attuazione della direttiva 1998/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro*".
D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233 "*Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive*" (TITOLO VIII-bis del D.Lgs. 626/94).
D.Lgs. 23 giugno 2003, n. 195 *"Capacità e requisiti professionali richiesti agli addetti ed ai responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori"*.
D.Lgs. 8 luglio 2003, n. 235 *"Requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori"*.
D.M. 26 febbraio 2004 *"Definizione di una prima lista di valori limite indicativi di esposizione professionale agli agenti chimici"*.
D.M. 3 novembre ***2004*** *"Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio"*.
D.Lgs.19 agosto 2005, n. 187 *"Attuazione della direttiva 2002/44/Ce sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche"*.

Inquinamento acustico
D.P.C.M. 1° marzo 1991 "*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*".
Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "*Legge quadro sull'inquinamento acustico*".
D.M. 11 dicembre 1996 "*Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo*".
D.P.C.M. 14 novembre 1997 "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*".
D.M. 16 Marzo 1998 "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*".
D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 *"Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto"*.
D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194 *"Attuazione della direttiva 2002/49/Ce relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale"*.

Sostanze pericolose
R.D. 18 giugno 1931, n. 773 "*Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza*".
D.M. 3 dicembre 1985 "*Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delleComunità europee*".

D.M. del 23 febbraio 1988, n. 84 "*Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi*".
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 216 "*Attuazione della direttiva CEE 85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 76/769 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183*".
D.M. 11 febbraio 1989 "*Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB*".
D.M. 17 gennaio 1992 "*Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT)*".
D.M. 29 luglio 1994 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 89/677, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 febbraio 1994, n. 146*".
D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52 "*Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".
D.M. 4 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza*".
D.M. 28 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".
D.M. 12 agosto 1998 "*Recepimento delle direttive 94/60/CE, 96/55/CE, 97/10/CE, 97/16/CE, 97/56/CE e 97/64/CE recanti modifiche alla direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi* ".
D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 174 "*Disciplina sanzionatoria per le violazioni delle disposizioni del regolamento (CEE) n. 793/93 relativo alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 209 "*Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili*" *(come modificato dall'art.21, comma 10, del D.Lgs. 11 maggio 2005, n.133).*
D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334 "*Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose*".
D.M. 26 gennaio 2001 "*Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva 2000/32/CE*".
D.M. 11 aprile 2001 "*Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose*".
D.M. 11 ottobre 2001 "*Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento*".
D.M. 7 settembre 2002 "*Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio*".
D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65 "*Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi*".
D.M. 18 marzo 2003, n. 101 "*Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del*

territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della L. 23 marzo 2001, n. 93".
D.M. 3 luglio 2003, n. 194 "*Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE del 22 dicembre 1998 della Commissione, che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE del Consiglio relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose".*
D.M. 5 febbraio 2004 "*Modalità ed importi delle garanzie finanziarie che devono essere prestate a favore dello Stato dalle imprese che effettuano le attività di bonifica dei beni contenenti amianto".*
D.Lgs. 25 luglio 2006, n. 257 "*Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro*"

B.3 Normativa tecnica

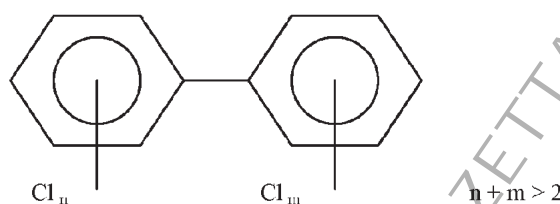
Le seguenti normative tecniche contengono riferimenti applicabili al contenuto della presente Linee Guida. In caso di aggiornamento o revisioni di tali norme, si raccomanda di fare riferimento sempre alle versioni più aggiornate. I riferimenti normativi risultano:

- **Legge 1° marzo 1968, n. 186** "*Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici*";
- CEI 10-6: 1981 "*Norme per gli Askarel*";
- CEI 14-4: 1983-5 "*Trasformatori di potenza*";
- CEI 11-19: 1984 "*Installazione ed esercizio di trasformatori ed apparecchi contenenti askarel*" (abrogata e sostituita dalle norme CEI EN 50225:1997 e CEI EN 50195:1997)
- CEI IEC 944: 1988 "*Guide for the maintenance of silicone transformer liquids*";
- CEI 10-17: 1991 "*Liquidi siliconici per usi elettrici*";
- CEI EN 60567: 1997 "*Guida al campionamento di gas e olio prelevati da apparecchiature elettriche riempite d'olio e all'analisi dei gas liberi e disciolti*";
- CEI 10: 1997 "*Guida per il controllo e il trattamento degli oli minerali isolanti in servizio nei trasformatori e in altre apparecchiature elettriche*";
- CEI 10-1: 1997-09 "*Oli minerali isolanti per trasformatori e per apparecchiature elettriche*";
- CEI EN 50225: 1997-12 "*Codice per l'impiego in condizioni di sicurezza di apparecchiature elettriche immerse in olio che possono essere contaminate da PCB*";
- CEI EN 50195: 1997-12 "*Codice per l'impiego in condizioni di sicurezza di apparecchiature elettriche totalmente racchiuse in un contenitore riempito di Askarel*";
- CEI EN 50110-1: 1998-10 "*Esercizio degli impianti elettrici*";
- CEI EN 61619: 1998-11 "*Liquidi isolanti Inquinamento da Policlorobifenili Metodo di determinazione gascromatografico con colonna capillare*";
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025: 2000 "*Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura*";
- prEN 12766-2: 2000 "*Petroleum products and used oils – Determination of PCBs and related products – Calculation of polychlorinated biphenyl (PCB) content*";
- prEN 12766-3: 2000 "*Petroleum products and used oils – Determination of PCBs and related products – Determination and quantification of polychlorinated terphenyls (PCT) and polichlorinated benzyl toluenes (PCBT) content by gaschromatography (GC) using an electron capture detector (ECD)*";
- UNI EN 12766-1: 2001-07 "*Prodotti petroliferi e oli usati – Determinazione dei PCB e prodotti similari – Separazione e determinazione dei congeneri selezionati di PCB mediante gascromatografia (GC) con rivelatore a cattura di elettroni (ECD)*";

- GUIDA CEI 10-38: 2002 "*Fluidi isolanti. Guida tecnica per l'inventario, il controllo, la gestione, la decontaminazione e/o lo smaltimento di apparecchiature elettriche e liquidi isolanti contenenti PCB*";
- IEC 60296: 2003 "*Specification for unused mineral insulating oils for transformer and swichgear*";
- IEC 60422 Ed. 3 (IEC CDV Document, 2004): "*Supervision and maintenance for mineral insulating oils in electrical equipment*";
- CENELEC BTTF 116-1 (Draft 2004): "*Fluids for electrotechnical applications Standard for the inventory control, handling, decontamination and/or disposal of electrical equipment and insulating fluids containing PCBs*".

C) RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE SPECIFICITA' DEL TESSUTO INDUSTRIALE NAZIONALE

- **C.1 Caratteristiche dei PCB e campi di applicazione**

Si è ritenuto utile esaminare le caratteristiche chimico-fisiche del PCB per due motivi: il primo è spiegare le ragioni per cui questa classe di composti ha ottenuto un così ampio successo in campo industriale; il secondo è argomentare in maniera più completa e scientifica i fattori che determinano l'elevato rischio ambientale e che giustificano la classificazione del PCB tra le dieci sostanze più pericolose per l'uomo e l'ambiente, al pari di altri composti forse più conosciuti, quali il DDT.
Con il termine generico PCB (policlorobifenile) si intende una famiglia di 209 composti chimici, chiamati congeneri e aventi formula generica $C12H10\text{-}nCln$ con $n \leq 10$. Il PCB presenta la seguente struttura chimica:

Tali sostanze sono classificate come sostanze pericolose [N. CAS: 1336-36-3 - N. CE: 215-648-1 - N. EINECS: 602-039-00-4 - **Xn** "nocivo" - **N** "ecotossico"- **Frasi R**: **33** "Pericolo di effetti cumulativi" - **50/53** "Altamente tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico" - **Frasi S**: (**2** "Conservare fuori della portata dei bambini") - **35** "Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni" - **60** "Questo materiale e il suo contenitore devono essere smaltiti come rifiuti pericolosi" - **61** "Non disperdere nell'ambiente. Riferirsi alle istruzioni speciali/schede informative in materia di sicurezza"] e sono anche caratterizzate da una forte persistenza nell'ambiente a causa della loro bioaccumulabilità lungo la catena alimentare.
La sintesi dei PCB, come prodotto commerciale, partiva dal petrolio o dal catrame: da questi si estraeva il benzene, da cui veniva sintetizzato il bifenile. Quest'ultimo veniva sottoposto ad un processo di clorurazione per la sostituzione degli atomi di idrogeno con gli atomi di cloro in presenza di un idoneo catalizzatore ad alte temperature.
Ogni congenere si differenzia dagli altri sia per numero di atomi di cloro sia per la loro diversa collocazione nella molecola: in questo modo si determina la classificazione e nomenclatura, nonché il peso molecolare di ciascun congenere.
I PCB si presentano a temperatura ambiente sotto forma di cristalli incolore ed inodore e sono chimicamente molto stabili: fino alla temperatura di 170°C non possono essere ossidati anche in presenza di metalli o di umidità, sono resistenti agli alcali ed agli acidi; non attaccano i metalli, sono poco biodegradabili, e poco volatili.
Sebbene insolubili in acqua, sono solubili in solventi organici ed in idrocarburi, in questa forma si possono spandere su grandi superfici formando film sottilissimi.
Sul mercato i PCB sono stati commercializzati sotto forma di miscele formate da un complesso mix di congeneri a cui venivano addizionati solventi clorurati, identificate da svariate sigle commerciali, tra le quali vanno ricordate quelle della famiglia Aroclor, il cui marchio fu registrato dalla Monsanto.

Queste miscele si presentano come liquidi viscosi di colore chiaro e possono avere un lieve odore aromatico e pungente, simile a lubrificante bruciato, poiché ad essi vengono addizionati solventi clorurati.
A seconda della composizione chimica delle diverse miscele, i PCB vennero utilizzati in una vasta gamma di applicazioni, da plastificante per carte speciali, a pitture, carte carbone, plastiche, carta "NCR", grazie alle loro comuni caratteristiche di stabilità chimica, bassa infiammabilità; ma l'utilizzo maggiore di questi prodotti è stato tuttavia nell'industria elettrica.
Infatti più di qualsiasi altro fattore, le proprietà dielettriche e termiche hanno creato il successo di questi composti, chimicamente non reattivi.
Essi, infatti, sono altobollenti, con punti di ebollizione intorno ai 300°C a pressione ambiente e, a seconda del grado di clorurazione[1], il punto di fiamma è compreso tra i 170 e 200°C, ossia molto più alto rispetto a quello degli oli minerali; inoltre, allontanando la sorgente di accensione, la fiamma si spegne. Il pericolo di esplosioni è molto limitato poiché questa loro peculiare caratteristica rende i PCB praticamente incombustibili.
Capaci di resistere alle alte temperature senza subire significativi degradi poiché iniziano a decomporsi in acido cloridrico ed anidride carbonica solo oltre 800-1000°C.
Hanno una bassa tensione di vapore, cioè a temperatura ambiente (25°C.) e pressione atmosferica non tendono ad evaporare facilmente, riducendo la probabilità di esposizioni anche con concentrazioni di diverse migliaia di parti per milione.
Questo spiega il motivo per cui le miscele a base di PCB sono state utilizzate in modo particolare come fluidi dielettrici isolanti all'interno di trasformatori, condensatori ed altre apparecchiature elettriche, applicazioni che saranno approfondite più avanti nel corso del paragrafo.
In generale, gli utilizzi collegati alle diverse applicazioni, sono stati catalogati dalla Direttiva CEE 76/769/CEE in:

- Sistemi aperti dissipativi
- Sistemi chiusi controllabili

Questa classificazione ha origine dalla potenzialità di propagazione nell'ambiente connessa al loro uso ed è utile poiché indica le modalità in cui il PCB può essere rilasciato, in modo intenzionale o non intenzionale, e quindi creare problemi di contaminazione ambientale.
Grazie alla scoperta dell'elevata pericolosità dei PCB, il loro utilizzo sia puro, sia in liquidi a base di miscele di PCB si è notevolmente ridotto fin dagli anni '70, grazie agli sforzi di conversione delle industrie produttrici ed ai limiti imposti dagli organismi legislativi: le uniche applicazioni tollerate fino al 2010 sono quelle correlate ai sistemi chiusi, soprattutto come fluidi dielettrici all'interno dei trasformatori e condensatori.

C.1.1 Sistemi Chiusi Controllabili

Si considerano "chiusi" quei sistemi che non permettono la dispersione dei PCB nell'ambiente e dai quali possano essere recuperati.
In questo modo i PCB rimangono all'interno di una sede sicura fino alla fine della vita operativa delle apparecchiature in cui sono rinchiusi, a meno che non occorrano incidenti quali incendi o guasti meccanici.
Nella tabella C.1 si riassumono, a titolo indicativo di massima, le principali applicazioni che fanno parte di questa categoria.

[1] il grado di clorurazione aumenta aumentando il numero di atomi di cloruri sostituiti all'interno della formula bruta $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ con n ≤10.

Tabella C.1: Principali applicazioni di PCB nei Sistemi Chiusi

SISTEMI CHIUSI	
LIQUIDO ISOLANTE IN TRASFORMATORI	CENTRALI TERMOELETTRICHE, NUCLEARI NAVI, ALCUNE INSTALLAZIONI ELETTRICHE FERROVIARIE GENERATORI, EDIFICI, TELEVISORI
LIQUIDO ISOLANTE PER CONDENSATORI	CENTRALI, INDUSTRIE ALCUNE INSTALLAZIONI ELETTRICHE FERROVIARIE, MEZZI DI TRAZIONE ELETTRICA MOTORI, APPARECCHI TELEGRAFICI, LAMPADE A MERCURIO E FLUORESCENTI TELEVISORI, FRIGORIFERI, LAVATRICI, CONDIZIONATORI
CONDUTTORE DI CALORE	APPARECCHI PER RISCALDAMENTO E RAFFREDDAMENTO
ALTRI USI	CAVI ELETTRICI, LIQUIDO IDRAULICO

Alcune di queste applicazioni sono tuttora permesse dalla legislazione vigente, e meritano per tanto di essere approfondite.

C.1.2 Uso dei PCB nei trasformatori

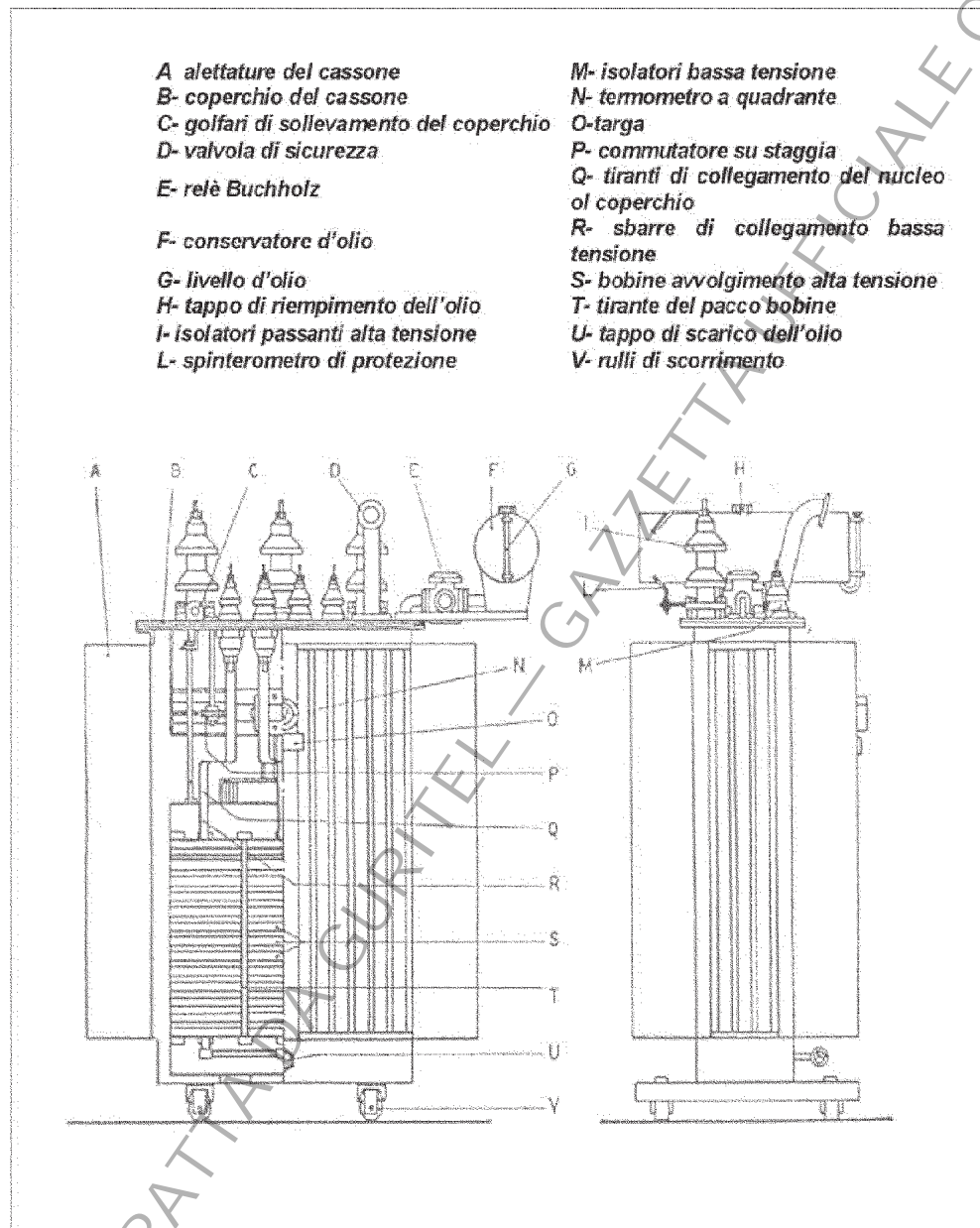



Figura C.1: Schema di un trasformatore – tipo distribuzione

I trasformatori sono componenti fondamentali del processo di generazione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Per rispondere ad esigenze di efficienza ed economicità, il

trasporto e l'utilizzo dell'energia elettrica richiede, che alcuni parametri vengano modificati, in generale corrente e tensione.
L'impiego del trasformatore, mutando secondo convenienza i valori dei parametri della potenza, consente infatti di minimizzare quelle perdite che avvengono nel trasporto dell'energia elettrica. Come è noto infatti le perdite (per effetto Joule) che si verificano in un conduttore elettrico al passaggio della corrente sono pari a RI^2 , essendo R la resistenza del conduttore e I la corrente che lo attraversa. Essendo poi la potenza apparente data dal prodotto VI, a parita' di perdite quindi di sezione del conduttore si riesce a trasportare tanta più potenza quanto più elevata è la tensione, fino a livelli compatibili con i limiti di fattibilità tecnico economica connessi ai materiali dielettrici impiegati. Per le varie fasi: produzione, trasporto, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica c'è una coppia ottimale di valori V ed I.
Le Norme CEI dividono i valori di tensione in due livelli:
Bassa Tensione (BT) fino a 1000 V
Alta Tensione (AT) sopra i 1000 V
Nella pratica è invalsa l'abitudine di chiamare **Media Tensione** (MT) la Tensione compresa tra 1000 V e 36 kV.
Gli utilizzatori civili ed industriali di piccola potenza (sotto 100 kW) ricevono e utilizzano energia elettrica in BT.
L'utilizzo della BT consente di operare in sicurezza ed inoltre i piccoli apparecchi utilizzatori sono realizzati ai costi minimi.
L'energia elettrica viene prodotta dai grandi alternatori in MT trasformata e trasmessa su grandi distanze in AT(380 kV).
L'energia elettrica viene distribuita su medie distanze (20 km) in MT(20 kV) e così fornita alle medie industrie. Per gli usi civili viene trasformata mediante trasformatori MT/BT
Un trasformatore, in genere, è composto da una cassa metallica chiusa contenente due set di conduttori elettrici (avvolgimenti) tipicamente di rame calettati su un nucleo magnetico(fig.C.1).
Il nucleo utilizzato per la costruzione di trasformatori di solito è di del tipo a tre colonne ed è composto da lamierini magnetici di ferro al silicio a grani orientati isolati su entrambi i lati con vernice inorganica resistente al calore (Carlite) per evitare lo stabilirsi di correnti parassite (Foucault). Esso è sostenuto da armature metalliche (a volte in legno per piccoli trasformatori).
Gli avvolgimenti sono fatti tipicamente di conduttori di rame isolati con vernice o con carta isolante Kraft. Per permettere un adeguato raffreddamento, secondo bisogno, all'interno degli avvolgimenti vengono posti canali totali o parziali.
La cassa è riempita di liquido che funge da isolante elettrico e da scambiatore di calore e che rappresenta tipicamente il 25 – 30% in peso del trasformatore.
Il PCB, in miscela tipica con tri-clorobenzene in rapporto di circa 45/50%, è un ottimo isolante con eccezionali caratteristiche termiche ed è commercialmente conosciuto con il nome Askarel[2] . I vantaggi fondamentali dei liquidi sintetici a base di PCB e PCT (Askarel), rispetto agli oli minerali, nell'impiego come isolanti/refrigeranti dei trasformatori sono la più alta resistenza chimica, le ottime caratteristiche dielettriche, e la resistenza al fuoco (sicurezza antincendio in caso di guasto).
Gli oli minerali che hanno proprietà dielettriche e fisiche anch'essi ottime hanno, tuttavia la resistenza al fuoco non paragonabile a quella dei liquidi sintetici a base di PCB.
Nei trasformatori i PCB hanno avuto applicazioni molto estese a partire dagli anni '50 poiché difficilmente possono incendiarsi ed anche in caso d'incendio esterno non lo alimentano; questa garanzia di sicurezza ne ha favorito la diffusione nelle reti di distribuzione dell'energia elettrica, vicino ai punti di consumo, soprattutto in luoghi di potenziale pericolo d'incendio, come industria

[2] ASTM D 901-56 "liquido isolante di tipo ininfiammabile, che per decomposizione da arco elettrico sviluppa soltanto miscele gassose, non esplosive".

petrolchimica grandi magazzini, sale per riunioni, uffici ed in genere luoghi con pericolo d'incendio.
Tuttavia è noto da tempo che i PCB possono formare in caso sviluppino incendio o di termossidazione incontrollata, (a temperature superiori ai 300°C), prodotti altamente pericolosi per l'uomo e l'ambiente, quali i poli-cloro-dibenzo-diossine (PCDD – 75 congenri possibili) e i poli-cloro-dibenzo-furani (PCDF – 135 congeneri possibili).
Poiché la durata di vita di queste apparecchiature è pari a circa 30-40 anni con uso continuato, il problema della presenza di PCB è ancora oggi rilevante per la capillare diffusione nel territorio associata alla generazione, trasporto, distruzione ed utilizzo di energia..

C.1.1.2 Uso dei PCB nei condensatori
Le caratteristiche chimiche e fisiche dei liquidi a base di PCB ne fanno un fluido dielettrico pressoché ideale per condensatori. Anche i condensatori sono formati da una cassa metallica chiusa ermeticamente e contenente una parte attiva formata da elementi capacitivi.
Ogni elemento capacitivo è costituito da fogli di alluminio, tra i quali si inseriscono come materiale isolante fogli di plastica e/o di carta impregnata, ad esempio, di PCB.
I settori di applicazione dei condensatori con tali liquidi isolanti sono:

- Rifasamento di reti elettriche AT MT e BT
- Rifasamento di impianti industriali
- Sale prova.
- Laboratori di ricerca
- Rifasamento di lampade a scarica elettrica nei gas
- L'avviamento di motori elettrici
- Rifasamento di motori elettrici, forni ad arco e ad induzione

Nel settore dell'illuminazione sono molte diffusi nelle lampade fluorescenti: nelle abitazioni, ogni lampada è necessariamente equipaggiata con un piccolo condensatore, mentre nei grandi edifici commerciali ed industriali è possibile la compensazione di interi gruppi di lampade con un unico condensatore
I motori elettrici monofase, nonché i motori trifase collegati ad una rete monofase, richiedono l'uso di condensatori. Questi apparecchi sono molto diffusi nei settori degli elettrodomestici (televisori, radio), dei bruciatori di olio combustibile, delle pompe e delle macchine per ufficio, nei computer e nelle autovetture (nei sistemi di accensione, autoradio ecc).
Infine gli impianti per il riscaldamento elettrico ad induzione ed altri impianti che consumano grandi quantità di energia elettrica, come trasformatori, raddrizzatori, saldatrici, forni ad arco voltaico, richiedono condensatori con una grossa potenza di compensazione.
Negli anni '60, l'uso di PCB nei condensatori si era affermato in misura ancora maggiore che nei trasformatori, arrivando a coprire il 90% di tutto il mercato. Ma negli anni '70 in questo settore il consumo di PCB si è dimezzato.

C.1.1.3 Uso dei PCB, come liquido idraulico e diatermico
L'uso di liquidi sintetici a base di PCB come liquido idraulico e diatermico ad alto tasso di clorurazione per il funzionamento di varie apparecchiature, si è diffuso per tutti gli anni '70 senza flessioni, anche grazie alle disposizioni CEE che prevedevano la sostituzione degli oli minerali, vista la loro pericolosità nel caso di incendi. Tuttavia negli anni '80 è iniziata la loro sostituzione con altri prodotti.

C.1.1.4 Sorgenti diverse di PCB come sottoprodotti di processi chimici

PCB diversi dalle miscele commerciali possono essere generati come sottoprodotti di processi chimici con prodotti clorurati (es. solventi) e/o da reazioni secondarie da processi intermedi con solventi precursori (es. 2,4 - diclorofenolo) e così formare decine di mg/kg di PCB nelle materie prime (es. i pigmenti di vernici quale la ftalocianina di rame grezza)[3].

- **C.2 Dati sulla quantità di apparecchi contenenti PCB presenti in Italia**

C 2.1 Inventario nazionale 2004

L'art. 3 del D.Lgs. 209/99 istituisce l'obbligo di dichiarazione per i detentori di apparecchi contenenti PCB alle Sezioni Regionali e delle Province autonome del Catasto dei rifiuti con un volume superiore ai 5 dm^3. In particolare, il DM 11 ottobre 2001 prevede due diverse schede: una semplificata per gli apparecchi contenenti PCB con una percentuale in peso compresa tra 0,005% e 0,05% e una per gli apparecchi contenenti PCB e con una percentuale in peso superiore allo 0,05%.
Solo di questi ultimi viene richiesta la quantità di PCB contenuta negli apparecchi. (N.B. l'allegato 2 al DMA 11 ottobre 2001, Scheda apparecchiature/contenitori, quando fa riferimento al quantitativo di PCB contenuto nell'apparecchio intende prendere in considerazione la quantità in kg di fluido contenente PCB).
La Legge comunitaria n.62 del 18/4/2005, art.18 comma 1, modifica la tempistica, per lo smaltimento e/o la decontaminazione fissata dal decreto legislativo n.209, come segue:

- entro il 31/12/05 deve essere dimesso almeno il 50 per cento degli apparecchi detenuti alla data del 31/12/02
- entro il 31/12/09 deve essere dimesso almeno il 70 per cento degli apparecchi detenuti al 31/12/02
- entro il 31/12/07 devono essere dimessi tutti gli apparecchi detenuti al 31/12/02

I dati presentati sono relativi al secondo inventario inerente le comunicazioni pervenute negli anni 2002 e 2004.
A seguire si riporta la tabella C.2 riassuntiva dei dati desumibili dalle dichiarazioni.

[3] U.S. EPA FR 761 del 1979

Tabella C.2 – Numero di apparecchi contenenti PCB suddivisi nelle due tipologie differenziate per concentrazione: superiore a 0.05% (500 mg/kg) o compresa nell'intervallo 0.005% e 0.05% (50 mg/kg e 500 mg/kg).

REGIONE	N° apparecchi	N° apparecchi con concentrazione superiore a 500 mg/kg	N° apparecchi con concentrazione compresa tra 50 e 500 mg/kg	Quantità totale di PCB per apparecchi con concentrazione superiore a 500 mg/kg kg
Abruzzo	1.010	39	971	9.719,00
Basilicata	536	17	504	6.824,00
Calabria	1.444	60	1384	49.199,00
Campania	1.886	158	1728	94.586,00
Emilia Romagna	5.513	1.186	4.327	168.773,53
Friuli Venezia Giulia	1.115	182	933	123.200,00
Lazio	2.589	440	2.149	282.070,00
Liguria	3.495	1.074	2.421	283.117,85
Lombardia	5.202	2.246	2.956	997.434,00
Marche	1.638	66	1.454	28.153,00
Molise	872	472	400	4.552,31
Piemonte	6.234	1.598	4.636	357.391,00
Puglia	815	213	602	486.626,00
Sardegna	1.778	260	1.207	163.596,00
Sicilia	4.290	452	3.838	472.796,95
Toscana	4.604	676	3.928	488.295,80
Trento	257	51	206	4.652,00
Bolzano	160	5	155	1.009,00
Umbria	1.214	142	1.072	159.592,00
Valle D' Aosta	nd	nd	nd	nd
Veneto	3.035	388	2.165	189.652,00
TOTALE	**47.687**	**9.725**	**37.036**	**4.371.239,44**

Nota : Il numero totale degli apparecchi in alcuni casi non coincide con quanto dichiarato nei piani regionali in quanto in questi ultimi sono conteggiati anche apparecchi non soggetti ad inventario.

Probabilmente i Detentori minimali, piccoli utenti di media tensione che gestiscono uno o pochi trasformatori di piccola potenza, non hanno ancora fatto pervenire i propri dati. Il dubbio che tali Detentori non abbiano coscienza del problema è palpabile tenuto conto del fatto che potrebbero avere in uso macchine costruite prima della metà degli anni '80 e nominalmente isolate in olio minerale ma che potrebbero contenere PCB a causa di contaminazioni avvenute in sede di fabbricazione o durante successivi rabbocchi.

I dati relativi al numero degli impianti e alle relative quantità trattate sono oggetto di puntuali censimenti effettuati da APAT e pubblicati nei Rapporti annuali sui rifiuti.

C.3 Dati macroeconomici

Il costo per la decontaminazione e/o lo smaltimento dei PCB o degli apparecchi contenenti PCB dipende da molti fattori che vanno dalla tipologia dell'apparecchio da decontaminare e/o smaltire alla concentrazione di PCB nell'olio. Lo stesso costo è fortemente condizionato dalle condizioni di mercato, dal rapporto tra domanda e offerta, dal tipo di apparecchio (età, degrado, quantità, durata,

etc.), dalle distanze, dalle condizioni operative e logistiche, dagli obiettivi, dalle garanzie richieste, etc.

La popolazione dei trasformatori in Italia può essere stimata in circa 600.000 – 700.000 unità, di cui circa 70.000 ÷ 80.000 contaminati da PCB (> 50 mg/kg). Come già esposto questa valutazione è da ritenersi sottostimata per la ancora scarsa conoscenza del "problema" da parte dei piccoli detentori. La stima inoltre non comprende i trasformatori contaminati da PCB nel range da 25 a 50 mg/kg, la cui popolazione può essere valutata in circa ulteriori 100.000 trasformatori.

- **Trasformatori da distribuzione MT/BT (media tensione/bassa tensione)**

Valori di riferimento per questi trasformatori sono:
Potenza media: 250 kVA;
Peso medio trasformatore: 1.000 kg;
Peso medio olio: 230 kg.
Si può ragionevolmente attendere che i trasformatori da distribuzione rappresenti il 99 % della popolazione di macchine contaminate (circa 80.000 unità con contaminazione di PCB > 50 mg/kg). Pertanto, la popolazione di trasformatori da distribuzione contaminati può essere stimata in circa 79.000 unità.
Questo tipo di trasformatori possono essere trattati in modi differenti a seconda del contenuto iniziale di PCB nell'olio, dalla vita utile residua e della loro importanza di esercizio (decontaminazione on site o in centri specializzati o rottamazione).

Come detto, i costi di decontaminazione per tale categoria di trasformatori dipendono da molteplici fattori, per cui nel seguito si farà riferimento ad un range tipico. Si ha pertanto:
Trasformatori da distribuzione contaminati da PCB tra 50 e 500 mg/kg: 0,7 ÷ 0,8 €/kg macchina;
Trasformatori da distribuzione contaminati da PCB tra 500 e 1.000 mg/kg: 0,8 ÷ 1,0 €/kg macchina;
Trasformatori da distribuzione contaminati da PCB oltre 1.000 mg/kg: 1,0 ÷1,5 €/kg macchina.
Il costo per la rottamazione con incenerimento del PCB può essere assunto pari a circa 0,7 - 0,8 €/kg macchina, al lordo del recupero del ferro e del rame che incide per un valore di 0,15 – 0,2 €/kg (dati variabili in funzione della borsa dei rottami ferrosi e non ferrosi).Ovviamente a tale costo vanno aggiunti quelli di trasporto (fortemente variabili), assicurazioni, logistica, utili d'impresa, etc.

Seguendo la stessa classificazione per grado di contaminazione si hanno le seguenti quantità (tonnellate di macchine da trattare) su una popolazione di trasformatori da distribuzione stimata in circa 79.000 unità (non includendo, al momento, i trasformatori contenenti PCB tra 25 e 50 mg/kg):
Trasformatori da distribuzione con PCB tra 50 e 500 mg/kg: 95% trafo, pari a 75.000 tonnellate;
Trasformatori da distribuzione con PCB tra 500 e 1.000 mg/kg: 3% trafo, pari a 2.500 tonnellate;
Trasformatori da distribuzione con PCB oltre 1.000 mg/kg: 2% trafo, pari a 2.000 tonnellate.

Da tale scenario di costi e quantità emerge il seguente dato macroeconomico per la decontaminazione e/o rottamazione dei ***trasformatori da distribuzione*** (contenuto PCB > 50 mg/kg):

Trasformatori distribuzione: 75.000.000 kg x 0,7 – 0,8 €/kg = € 52.000.000 – 60.000.000
(PCB tra 50 e 500 mg/kg)

Trasformatori distribuzione: 2.500.000 kg x 0,8 – 1,0 €/kg = € 2.000.000 – 2.500.000
(PCB tra 500 e 1.000 mg/kg)

Trasformatori distribuzione: 2.000.000 kg x 1,0 – 1,2 €/kg = € 2.000.000 – 3.000.000
(PCB maggiore di 1.000 mg/kg)

Per un costo totale di decontaminazione e/o rottamazione per i trasformatori da distribuzione che ammonta tra 56 e 66 milioni di Euro. Tali importi subiscono importanti incrementi se si tiene anche conto dei trasformatori da distribuzione con contenuto di PCB compreso tra 25 e 50 mg/kg. Si tenga presente che il valore di sostituzione (acquisto, trasporto, installazione) di un tipico trasformatore da distribuzione può essere stimato in circa € 4.000 / macchina per un valore complessivo – per circa 80.000 trasformatori – pari a circa 360 milioni di Euro. Ne consegue che, laddove applicabili, le tecniche di decontaminazione debbano essere privilegiate e la necessità di utilizzare al meglio la vita residua dei trasformatori in esercizio, anche alle luce di scaglionare nel tempo la decontaminazione o sostituzione di tali trasformatori.

- **Trasformatori di potenza AT/MT (alta tensione/media tensione)**

Valori di riferimento per questi trasformatori sono:

Potenza media:	25 MVA (da 16 MVA a 400 MVA);
Peso medio trasformatore:	62.000 kg (fino a 380.000 kg);
Peso medio olio:	25.000 kg (fino a 85.000 kg).

Si può ragionevolmente attendere che i trasformatori di potenza rappresentino circa l'1 ÷ 2 % della popolazione di macchine contaminate (circa 80.000 unità con contaminazione di PCB > 50 mg/kg). Pertanto, la popolazione di trasformatori di potenza contaminati può essere stimata in circa 1.000 unità.

Questo tipo di trasformatori possono essere trattati in due modi differenti a seconda del contenuto iniziale di PCB nell'olio ed altri molteplici fattori (decontaminazione on site o refilling).

Come detto, i costi di decontaminazione per tale categoria di trasformatori dipende da molteplici fattori, per cui nel seguito si farà riferimento ad un range tipico. Si ha pertanto:

Trasformatori di potenza contaminati da PCB tra 50 e 500 mg/kg:	1,7 – 2,5 €/kg olio;
Trasformatori di potenza contaminati da PCB tra 500 e 1.000 mg/kg:	2,5 – 3,5 €/kg olio;
Trasformatori di potenza contaminati da PCB tra 1.000 e 2.000 mg/kg:	3,5 – 4,5 €/kg olio;
Trasformatori di potenza contaminati da PCB oltre 2.000 mg/kg:	variabile da caso a caso.

Seguendo la stessa classificazione per grado di contaminazione si hanno le seguenti quantità su una popolazione di trasformatori di potenza quantificabile in circa l'1 % del totale e pari dunque a 1.000 unità (non includendo, al momento, i trasformatori contenenti PCB tra 25 e 50 mg/kg):

Trasformatori di potenza con PCB tra 50 e 500 mg/kg:	96 % trafo, pari a circa 24.000 t olio;
Trasformatori di potenza con PCB tra 500 e 1.000 mg/kg:	3 % trafo, pari a circa 1.000 t olio;
Trasformatori di potenza con PCB tra 1.000 e 2.000 mg/kg:	0,7 % trafo, pari a circa 200 t olio;
Trasformatori di potenza con PCB oltre 2.000 mg/kg:	0,3 % trafo, pari a circa 100 t olio.

Da tale scenario di costi e quantità emerge il seguente dato macroeconomico per la decontaminazione e/o rottamazione dei ***trasformatori di potenza*** (contenuto PCB > 50 mg/kg):

Trasformatori potenza: (PCB tra 50 e 500 mg/kg)	24.000.000 kg x 1,7 – 2,5 €/kg = € 40.000.000 – 60.000.000
Trasformatori potenza: (PCB tra 500 e 1.000 mg/kg)	1.000.000 kg x 2,5 – 3,5 €/kg = € 2.500.000 – 3.500.000
Trasformatori potenza: (PCB tra 1.000 e 2.000 mg/kg)	200.000 kg x 3,5 – 4,5 €/kg = € 700.000 – 900.000
Trasformatori distribuzione: (PCB maggiore di 2.000 mg/kg)	Variabile da caso a caso.

Per un costo totale di decontaminazione e/p smaltimento per i trasformatori di potenza che ammonta tra 42 e 65 milioni di Euro circa. Tali importi subiscono un forte incremento se si tiene anche conto dei trasformatori di potenza con contenuto di PCB compreso tra 25 e 50 mg/kg. Si tenga presente che il valore di sostituzione (acquisto, trasporto, installazione) di un tipico trasformatore di potenza (tipico da 25 MVA) può essere stimato in circa € 200.000 / macchina per un valore complessivo – per circa 2.000 trasformatori – pari a circa 400 milioni di Euro. Ne consegue che, laddove applicabili, le tecniche di decontaminazione debbano essere privilegiate e la necessità di utilizzare al meglio la vita residua dei trasformatori in esercizio, anche alle luce di scaglionare nel tempo la decontaminazione o sostituzione di tali trasformatori.

D) TECNOLOGIE DI STOCCAGGIO E DI DECONTAMINAZIONE

Nella presente sezione sono trattate separatamente le tecnologie di decontaminazione da quelle di stoccaggio.
Con riferimento alle attività di decontaminazione di trasformatori e di apparecchiature elettriche e di liquidi isolanti contaminati da PCB ci è basati sul principio della "buona regola dell'arte" in conformità alle direttive europee, alle leggi nazionali ed alle norme tecniche di riferimento (IEC, CEN, CENELEC, CEI). Di particolare rilevanza su tale tema risulta la Norma CEI 10-38 (Edizione 2002) "Guida tecnica per l'inventario, il controllo, la gestione, la decontaminazione e/o lo smaltimento di apparecchiature elettriche e liquidi isolanti contenenti PCB".
Inoltre, si evidenzia che il Bref "BAT per le industrie di trattamento dei rifiuti" (Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries, disponibile nella versione definitiva) tratta molto marginalmente e in modo poco approfondito le tecnologie di decontaminazione dal PCB, mentre nelle sezioni 2.1.4 e 4.1.4 approfondisce le tecniche di stoccaggio dei rifiuti. Pertanto le tecnologie di stoccaggio riportate nel presente capitolo si riferiscono solo agli apparecchi contenenti PCB, ai contenitori ed ai liquidi isolanti giunti a fine vita operativa e classificati come rifiuti ai sensi della normativa vigente, nonché a tutti gli altri rifiuti (p. es. materiali contaminati) classificabili come "PCB". Le stesse tecnologie non si applicano e non risultano applicabili per apparati elettrici in esercizio contenenti PCB, in temporaneo fermo tecnico e/o soggetti ad operazioni di manutenzione ordinarie e straordinaria (Norme CEI 10-38) ed ai siti di dislocazione di tali apparati e a quelli ove si effettuano le predette operazioni manutentive (sia "on-site" che in centri attrezzati).

• D.1 Tecniche di stoccaggio dei rifiuti

Di seguito vengono individuate le migliori tecniche applicabili agli impianti di stoccaggio dei rifiuti, in particolare di quelli pericolosi. Tra queste tipologie di impianti rientrano anche quelle che effettuano lo stoccaggio di trasformatori e rifiuti contenenti PCB. Le tecniche generali individuate, quelle di manutenzione, movimentazione, separazione e controllo hanno una valenza generale e risultano applicabili a tutti gli impianti di stoccaggio di rifiuti pericolosi e non.

D.1.1 Tecniche generali da considerare nella individuazione delle B.A.T relative allo stoccaggio ed alla movimentazione dei rifiuti

La prima fase dello stoccaggio di rifiuti comune a tutte le tipologie di impianto è quella del controllo dei materiali, degli apparecchi e dei rifiuti in ingresso che prevede la messa a punto di:

1. procedure di preaccettazione, consistenti, in particolare, nella verifica della presenza e della corretta compilazione dei documenti e dei formulari di accompagnamento, oltre che della corrispondenza tra documentazione di accompagnamento e i contenitori o rifiuti conferiti mediante controllo visivo;
2. procedure per l'ammissione allo stoccaggio finalizzate ad accertare le caratteristiche dei materiali, degli apparecchi e del rifiuto in ingresso in relazione al tipo di autorizzazione e ai requisiti richiesti per i materiali in uscita da avviare successivamente alla decontaminazione o allo smaltimento.

L'Operatore qualificato ed autorizzato che gestisce l'impianto di stoccaggio dei rifiuti deve, anche, sorvegliare il rispetto da parte del trasportatore autorizzato delle norme di sicurezza, la conformità dei requisiti ADR/RID e la presenza delle misure specifiche adottate per prevenire e/o mitigare irragionevoli rischi per i lavoratori, per la salute pubblica e per l'ambiente derivanti da anomalie,

guasti o perdite accidentali dagli apparecchi e contenitori contenenti prodotti pericolosi e persistenti.
Tale verifica deve essere compresa in fase di scarico, inoltre, gli eventuali materiali non conformi devono essere allontanati e depositati in area dedicata.

Ai fini dell' individuazione delle aree idonee alla localizzazione degli impianti dovrà essere garantito che:

a. le aree di localizzazione degli impianti siano scelte secondo criteri che privilegiano zone per insediamenti industriali ed artigianali, zone industriali o di servizi dismesse individuate dalle regioni, in accordo ai requisiti di compatibilità ambientale e in base alla disponibilità di raccordi e/o scali ferroviari e di reti autostradali di scorrimento urbano con facilità di accesso da parte di carri ferroviari e automezzi pesanti;
b. il centro sia delimitato con idonea recinzione lungo tutto il suo perimetro. Norme di buona pratica ambientale suggeriscono la predisposizione di un'adeguata barriera esterna di protezione, in genere realizzata con siepi, alberature e schermi mobili, atti a minimizzare l'impatto visivo dell'impianto. Dovrebbe inoltre essere garantita la manutenzione nel tempo di detta barriera di protezione ambientale;
c. l'impianto deve garantire la presenza di personale qualificato ed adeguatamente addestrato nel gestire gli specifici rifiuti, evitando rilasci nell'ambiente, nonché sulla sicurezza e sulle procedure di emergenza in caso di incidenti;
d. a chiusura dell'impianto sia previsto un piano di ripristino al fine di garantire la fruibilità del sito in coerenza con la destinazione urbanistica dell'area;
e. l'autorizzazione concessa all'impianto indichi la capacità di stoccaggio, in particolare per quanto riguarda i PCB, in modo da garantire che essa non venga superata, e richieda esplicitamente che i rischi per l'ambiente o per la salute siano minimizzati.

Benefici ambientali conseguiti
Minimizzazione dell'impatto ambientale dell'attività.

D.1.1.1 Tecniche di valenza generale applicabili allo stoccaggio dei rifiuti

Modalità di stoccaggio dei rifiuti appropriate e realizzate in condizioni di sicurezza contribuiscono a ridurre la generazione di emissioni indesiderate ed i rischi di sversamenti. Uno stoccaggio separato per tipologie di rifiuti omogenee è necessario per evitare incidenti dovuti alla reazione di sostanze tra loro incompatibili e come misura per prevenire l'aggravarsi di eventuali eventi accidentali.
Lo stoccaggio dei rifiuti, all'interno dell'impianto di trattamento, pertanto, deve essere effettuato nel rispetto di alcuni principi di carattere generale quali:

a. devono essere definite adeguate procedure di stoccaggio nel caso in cui i mezzi di trasporto dei rifiuti debbano essere parcheggiati nel sito durante la notte o in giorni festivi, qualora l'insediamento non sia presidiato in tali periodi;
b. le aree di stoccaggio devono essere ubicate lontano da corsi d'acqua e da altre aree sensibili e realizzate in modo tale da eliminare o minimizzare la necessità di frequenti movimentazioni dei rifiuti all'interno dell'insediamento;
c. tutte le aree di stoccaggio devono essere dotate di un opportuno sistema di copertura;
d. le aree di stoccaggio devono essere adeguatamente protette, mediante apposito sistema di canalizzazione, dalle acque meteoriche esterne;
e. deve essere previsto un adeguato sistema di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche, con pozzetti di raccolta muniti di separatori per oli e vasca di raccolta delle acque di prima pioggia;

f. le aree di stoccaggio devono essere chiaramente identificate e munite dell' Elenco Europeo dei rifiuti, di cartellonistica, ben visibile per dimensioni e collocazione, indicante le quantità, i codici, lo stato fisico e le caratteristiche di pericolosità dei rifiuti stoccati nonché le norme di comportamento per la manipolazione dei rifiuti e per il contenimento dei rischi per la salute dell'uomo e per l'ambiente;
g. deve essere definita in modo chiaro e non ambiguo la massima capacità di stoccaggio dell'insediamento e devono essere specificati i metodi utilizzati per calcolare il volume di stoccaggio raggiunto, rispetto al volume massimo ammissibile. La capacità massima autorizzata per le aree di stoccaggio non deve mai essere superata;
h. deve essere assicurato che le infrastrutture di drenaggio delle aree di stoccaggio siano dimensionate in modo tale da poter contenere ogni possibile spandimento di materiale contaminato e che rifiuti con caratteristiche fra loro incompatibili non possano venire in contatto gli uni con gli altri, anche in caso di sversamenti accidentali;
i. deve essere prevista la presenza di sostanze adsorbenti, appositamente stoccate nella zona adibita ai servizi dell'impianto, da utilizzare in caso di perdite accidentali di liquidi dalle aree di conferimento e stoccaggio; deve essere inoltre garantita la presenza di detersivi-sgrassanti;
j. gli accessi a tutte le aree di stoccaggio (p.es. accessi pedonali e per i carrelli elevatori) devono sempre essere mantenuti sgomberi, in modo tale che la movimentazione dei contenitori non renda necessaria lo spostamento di altri contenitori che bloccano le vie di accesso (con l'ovvia eccezione dei fusti facenti parte della medesima fila);
k. deve essere predisposto un piano di emergenza che contempli l'eventuale necessità di evacuazione del sito;
l. le aree di immagazzinamento devono avere un sistema di allarme antincendio. Le aree di immagazzinamento all'interno degli edifici devono avere un sistema antincendio preferibilmente non ad acqua. Se il sistema antincendio è ad acqua, il pavimento del locale di immagazzinamento dovrà essere limitato da un cordolo ed il sistema di drenaggio del pavimento non dovrà portare all'impianto di raccolta delle acque nere o bianche, ma dovrà avere un sistema di raccolta proprio (per es. dotato di pompa);
m. deve essere identificato attentamente il lay-out ottimale di serbatoi, tenendo sempre presente la tipologia di rifiuto da stoccare, il tempo di stoccaggio, lo schema d'impianto dei serbatoi ed i sistemi di miscelazione, in modo da evitare l'accumulo di sedimenti e rendere agevole la loro rimozione. I serbatoi di stoccaggio devono essere periodicamente puliti dai sedimenti;
n. i serbatoi devono essere dotati di idonei sistemi di abbattimento, così come di misuratori di livello ed allarmi acustico-visivi. Questi sistemi devono essere sufficientemente robusti e sottoposti a regolare manutenzione in modo da evitare che schiume e sedimenti affioranti compromettano l'affidabilità del campo di misura;
o. le cisterne contenenti rifiuti infiammabili o altamente infiammabili devono rispettare specifici requisiti;
p. le tubazioni dovranno essere realizzate preferibilmente al di sopra del terreno; se, peraltro, le tubazioni dovessero essere interrate, esse dovranno essere contenute all'interno di idonee condotte ispezionabili;
q. i serbatoi interrati o parzialmente interrati, sprovvisti di un sistema di contenimento secondario (p.es. doppia camicia con sistema di rilevazione delle perdite) dovranno essere sostituiti da serbatoi fuori terra;
r. i serbatoi dovranno essere equipaggiati con sistemi di controllo, quali spie di livello e sistemi di allarme;
s. i serbatoi di stoccaggio dovranno essere collocati su di una superficie impermeabile, resistente al materiale da stoccare. I serbatoi dovranno essere dotati di giunzioni a tenuta ed essere contenuti all'interno di bacini di contenimento di capacità pari almeno al 30% della capacità complessiva di stoccaggio e, comunque, almeno pari al 110% della capacità del serbatoio di maggiore capacità;

t. dovrà essere assicurato che le strutture di supporto dei serbatoi, le tubazioni, le manichette flessibili e le guarnizioni siano resistenti alle sostanze (e alle miscele di sostanze) che devono essere stoccate. Le manichette ed i tubi flessibili utilizzati per il travaso dei PCB non dovranno essere utilizzati per il travaso di altre tipologie di rifiuti liquidi;
u. non devono essere utilizzati serbatoi che abbiano superato il tempo massimo di utilizzo previsto in progetto, a meno che gli stessi non siano ispezionati ad intervalli regolari e che, di tali ispezioni, sia mantenuta traccia scritta, la quale dimostri che essi continuano ad essere idonei all'utilizzo e che la loro struttura si mantiene integra;
v. dovrà essere prestata particolare cura allo scopo di evitare perdite e spandimenti sul terreno, che potrebbero contaminare il suolo e le acque sotterranee o permettere che i rifiuti defluiscano in corsi d'acqua.

Alcune tecniche di valenza generale da tenere presente per la riduzione degli odori connessi con le attività di stoccaggio dei rifiuti sono:
w. ottimizzare il controllo del periodo di stoccaggio;
x. movimentare i composti odorigeni in contenitori completamente chiusi e muniti di idonei sistemi di abbattimento;
y. immagazzinare fusti ed altri contenitori di materiali odorigeni in edifici chiusi.

D.1.1.1.1 Tecniche da tenere presente nello stoccaggio di rifiuti contenuti in fusti e altre tipologie di contenitori

Lo stoccaggio al coperto dei rifiuti contenuti all'interno di contenitori ha il vantaggio di evitare che le acque meteoriche che dilavano le aree di stoccaggio si contaminino a causa di sversamenti accidentali, anche pregressi, e di aumentare la vita utile dei contenitori. Tale tecnica evita, inoltre, la formazione di emissioni causate dallo stoccare assieme sostanze tra loro incompatibili, che potrebbero reagire tra loro.
Va tuttavia rilevato che la manipolazione dei rifiuti è di norma più complessa all'interno di aree coperte di quanto non lo sia in aree non coperte.

Lo stoccaggio dei rifiuti in fusti o in altre tipologie di contenitori deve essere effettuato avendo cura che:

a. i rifiuti contenuti in contenitori siano immagazzinati al coperto.Gli ambienti chiusi devono essere ventilati con aria esterna per evitare l'esposizione ai vapori di coloro che lavorano all'interno; un'adeguata ventilazione assicura che l'aria all'interno sia respirabile e con una concentrazione di contaminanti al disotto dei limiti ammessi per la salute umana. La ventilazione delle aree coperte potrà essere effettuata mediante aeratori a soffitto o a parete o prevedendo, in fase di progettazione, opportune aperture;
b. le aree di immagazzinamento dedicate ed i container (in generale quelli utilizzati per le spedizioni) siano ubicati all'interno di recinti lucchettabili;
c. gli edifici adibiti a magazzino e i container siano in buone condizioni e costruiti con plastica dura o metallo, non in legno o in laminato plastico, e con muri a secco o in gesso;
d. il tetto degli edifici adibiti a magazzino o dei container e il terreno circostante abbia una pendenza tale da permettere sempre un drenaggio;
e. il pavimento delle aree di immagazzinamento all'interno degli edifici sia in cemento o in foglio di plastica di adeguato spessore e robustezza. La superficie di cemento deve essere verniciata con vernice epossidica resistente;
f. le aree dedicate allo stoccaggio di sostanze sensibili al calore e alla luce siano coperte e protette dal calore e dalla luce diretta del sole;

g. i rifiuti infiammabili siano stoccati in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente in materia;
h. i contenitori con coperchi e tappi siano immagazzinati ben chiusi e/o siano dotati di valvole a tenuta;
i. i contenitori siano movimentati seguendo istruzioni scritte. Tali istruzioni devono indicare quale lotto deve essere utilizzato nelle successive fasi di trattamento e quale tipo di contenitore deve essere utilizzato per i residui;
j. siano adottati sistemi di ventilazione di tipo positivo o che l'area di stoccaggio sia mantenuta in leggera depressione;
k. sia utilizzato un sistema di illuminazione antideflagrante (laddove necessario);
l. i fusti non siano immagazzinati su più di 2 livelli e che sia assicurato sempre uno spazio di accesso sufficiente per effettuare ispezioni su tutti i lati;
m. i contenitori siano immagazzinati in modo tale che perdite e sversamenti non possano fuoriuscire dai bacini di contenimento e dalle apposite aree di drenaggio impermeabilizzate (p.es. sopra bacinelle o su aree delimitate da un cordolo a tenuta). I cordoli di contenimento devono essere sufficientemente alti per evitare che le eventuali perdite dai fusti/contenitori causino la tracimazione dal cordolo stesso;
n. i materiali solidi contaminati (p.es. ballast, piccoli condensatori, altri piccoli apparecchi, detriti, indumenti di lavoro, materiali di pulizia e terreno) siano immagazzinati all'interno di fusti, secchi metallici, vassoi o altri contenitori metallici appositamente costruiti.

D.1.1.1.2 Tecniche per migliorare la manutenzione dei depositi di rifiuti

Particolare importanza, all'interno dell'impianto di stoccaggio, assume la manutenzione dell'impianto stesso che può essere più facilmente realizzata attraverso la messa a punto dei seguenti sistemi:
a. attivare procedure per una regolare ispezione e manutenzione delle aree di stoccaggio – inclusi fusti, serbatoi, pavimentazioni e bacini di contenimento. Le ispezioni devono essere effettuate prestando particolare attenzione ad ogni segno di danneggiamento, deterioramento e perdita. Nelle registrazioni devono essere annotate dettagliatamente le azioni correttive attuate. I difetti devono essere riparati con la massima tempestività. Se la capacità di contenimento o l'idoneità dei bacini di contenimento, dei pozzetti o delle pavimentazioni dovesse risultare compromessa, i rifiuti devono essere spostati sino a quando gli interventi di riparazione non siano stati completati;
b. devono esser effettuate ispezioni periodiche delle condizioni dei contenitori e dei bancali. Se un contenitore risulta essere danneggiato, presenta perdite o si trova in uno stato deteriorato, devono essere presi provvedimenti quali l'infustamento del contenitore in un contenitore di maggiori dimensioni o il trasferimento del contenuto in un altro contenitore. Bancali danneggiati in modo tale che la stabilità dei contenitori è, o potrebbe essere, compromessa devono essere sostituiti. Regge in materiale plastico devono essere utilizzate solo per assicurare una stabilità di tipo secondario per lo stoccaggio di fusti/contenitori, in aggiunta all'utilizzo di bancali in uno stato di conservazione appropriato;
c. deve essere programmata ed osservata un'ispezione di routine dei serbatoi, incluse periodiche verifiche dello spessore delle membrature. Qualora si sospettino danni o sia stato accertato un deterioramento, il contenuto dei serbatoi deve essere trasferito in uno stoccaggio alternativo appropriato. Queste ispezioni dovrebbero essere preferibilmente effettuate da personale esperto indipendente e dovrebbe essere mantenuta traccia scritta sia delle ispezioni effettuate che di ogni azione correttiva adottata.

Benefici ambientali conseguiti
Riduzione dei problemi connessi con l'attività di stoccaggio e prevenzione della formazione di emissioni

D.1.1.1.3 Stoccaggio in vasche fuori terra

Per lo stoccaggio dei PCB non è consentito lo stoccaggio in vasche.

D.1.1.2 Tecniche di valenza generale applicate alla movimentazione dei rifiuti

Descrizione

Alcune tecniche da tenere presente per gli impianti di stoccaggio dei rifiuti sono:

a. mettere in atto sistemi e procedure tali da assicurare che i rifiuti siano trasferiti alle appropriate aree di stoccaggio in modo sicuro;
b. mantenere attivo il sistema di rintracciabilità dei rifiuti, che ha avuto inizio nella fase di pre-accettazione -con riferimento alla fase di accettazione-, per tutto il tempo nel quale i rifiuti sono detenuti nel sito;
c. mantenere attivo un sistema di gestione per le attività di presa in carico dei rifiuti nel sito e di successivo conferimento ad altri soggetti, considerando anche ogni rischio che tale attività può comportare (p.es. nel trasferimento dei rifiuti liquidi sfusi dalle auto/ferro-cisterne ai serbatoi di stoccaggio). Ciò può rendere necessario:
   - mettere in atto sistemi per prevenire la fuoriuscita di liquidi dalle auto/ferro-cisterne;
   - la predisposizione di sistemi per assicurare che i collegamenti siano realizzati correttamente. I collegamenti per la movimentazione dei rifiuti liquidi devono essere realizzati tenendo in considerazione i seguenti aspetti:
     - utilizzare adeguate tubazioni flessibili e provvedere alla loro corretta manutenzione può aiutare a garantire l'integrità e l'idoneità dei collegamenti;
     - utilizzare materiali che garantiscano un collegamento che sia in grado di reggere alla massima pressione della valvola di chiusura della pompa di trasferimento;
     - la protezione delle tubazioni flessibili per il trasferimento dei rifiuti potrebbe non essere necessaria nel caso in cui il trasferimento dei liquidi avvenga per gravità. In ogni caso è comunque necessario mantenere un collegamento efficace ad ogni estremità del flessibile stesso;
     - potenziali perdite dovute ai dispositivi di collegamento possono essere controllate per mezzo di sistemi abbastanza semplici, quali vaschette di gocciolamento o aree adibite allo scopo all'interno del sistema di contenimento. L'acqua meteorica che cade sui supporti del bacino di contenimento, se non contaminata, deve essere convogliata in un pozzetto e può essere pompata nella rete fognaria dell'insediamento e scaricata. Le varie aree del bacino di contenimento devono essere ispezionate, sottoposte a manutenzione e pulite regolarmente. La contaminazione delle acque meteoriche è un evento che può capitare ma deve essere minimizzata ricorrendo ad idonee scelte progettuali e di gestione;
     - buone pratiche di gestione richiedono costante attenzione e pulizia;
   - prevedere una manutenzione programmata in modo che un'eventuale grave situazione incidentale non si verifichi a causa di guasti dell'impianto o delle apparecchiature. Ciò può includere il guasto di una tenuta di una pompa o l'intasamento di un filtro a cestello, comunemente utilizzati nelle postazioni di travaso;
   - disporre di uno stoccaggio di emergenza per automezzi che presentano perdite, in modo da minimizzare gli effetti di gravi incidenti dovuti al guasto delle tenute delle autocisterne;
   - compensare gli sfiati durante le operazioni di carico delle autocisterne;
   - mettere in atto misure tali da garantire che i rifiuti siano scaricati nei corretti punti di trasferimento e che gli stessi siano trasferiti nel corretto punto di stoccaggio. Allo scopo di evitare scarichi non autorizzati, lungo le tubazioni di carico deve essere inscrita una valvola

di intercettazione; questa deve essere mantenuta bloccata nei periodi in cui non vi è un controllo diretto dei punti di carico/scarico;

d. nel registro dell'impianto deve essere annotato ogni sversamento verificatosi. Gli sversamenti devono essere trattenuti dai bacini di contenimento e successivamente raccolti usando materiali assorbenti;
e. mettere in atto misure tali da garantire che venga sempre usato il corretto punto di scarico o la corretta area di stoccaggio. Alcune possibili soluzioni per realizzare ciò comprendono l'utilizzo di cartellini, controlli da parte del personale dell'impianto, chiavi, punti di scarico e bacini di contenimento colorati o aree di dimensioni particolari;
f. utilizzare superfici impermeabili con idonee pendenze per il drenaggio, in modo da evitare che eventuali spandimenti possano defluire nelle aree di stoccaggio o fuoriuscire dal sito dai punti di scarico e di quarantena;
g. garantire che i bacini di contenimento e le tubazioni danneggiate non vengano utilizzati;
h. utilizzare pompe volumetriche dotate di un sistema di controllo della pressione e valvole di sicurezza;
i. collettare le emissioni gassose provenienti dai serbatoi quanto si movimentano rifiuti liquidi;
j. assicurare che lo svuotamento di grandi equipaggiamenti (trasformatori e grandi condensatori) o fusti sia effettuato solo da personale esperto;
k. assicurare che tutti i rifiuti creati trasferendo i PCB o i rifiuti generati dalla pulizia di sversamenti di PCB diventino rifiuti che vengono immagazzinati come rifiuti contaminati da PCB.

Benefici ambientali conseguiti

Uno stoccaggio di rifiuti realizzato in modo appropriato e sicuro aiuta a prevenire il rischio di sversamenti e di inquinamento. La separazione delle aree di stoccaggio è necessaria per evitare incidenti dovuti a sostanze tra loro incompatibili e ciò previene l'aggravamento di eventuali incidenti. L'utilizzo di bancali danneggiati può comportare che l'ulteriore accatastamento di altri bancali al di sopra di essi causi un ulteriore danneggiamento ed il possibile collasso della catasta.

Applicabilità

I comuni sistemi di abbattimento possono essere collegati ai dispositivi di sfiato dei serbatoi allo scopo di ridurre l'emissione di sostanze organiche in atmosfera, a causa della fuoriuscita dei vapori contenuti nei serbatoi e nelle cisterne durante le operazioni di riempimento.

Molti siti hanno pavimentazioni interamente in calcestruzzo, con pozzetti di raccolta collegati alla rete fognaria interna e collettati a serbatoi di stoccaggio o vasche di raccolta delle acque piovane e di ogni spandimento. Vasche di raccolta con scarico di troppo pieno in fognatura hanno generalmente sistemi automatici di monitoraggio che tengono sotto controllo i parametri inquinanti più significativi e che possono, qualora venga accertato uno stato di contaminazione, interrompere tale scarico.

D.1.1.2.1 Attività di movimentazione connesse con il travaso dei rifiuti

Al fine di evitare lo sviluppo di emissioni e di minimizzare la fuoriuscita di perdite, fumi e odori nonché le problematiche di sicurezza e igiene industriale, le operazioni di travaso di rifiuti contenuti in fusti, serbatoi, cisterne o cisternette devono essere svolte nel rispetto dei seguenti principi:

a. effettuare l'accumulo di materiali odorigeni solamente in modo controllato (cioè non all'aria aperta) per evitare la generazione di odori molesti;
b. mantenere i contenitori con il coperchio chiuso e/o sigillati, per quanto possibile;
c. trasferire i rifiuti dai loro contenitori ai serbatoi di stoccaggio utilizzando tubature "sotto battente";
d. nelle operazioni di riempimento delle cisterne, utilizzare una linea di compensazione degli sfiati collegata ad un idoneo sistema di abbattimento;

e. garantire che le operazioni di trasferimento dei rifiuti da fusti ad autocisterne (e viceversa) siano effettuate da almeno due persone, in modo che nel corso dell'operazione sia sempre possibile controllare tubazioni e valvole;
f. movimentare i fusti usando mezzi meccanici quali carrelli elevatori muniti di un dispositivo per il ribaltamento dei fusti;
g. fissare tra loro i fusti con regge;
h. addestrare il personale che impiega i carrelli elevatori nella movimentazione delle merci pallettizzate, in modo da evitare quanto più possibile di danneggiare i fusti con le forche dei carrelli;
i. usare bancali in buone condizioni e non danneggiati;
j. sostituire tutti i bancali che, all'arrivo, dovessero risultare danneggiati e non utilizzarli nelle aree di stoccaggio;
k. garantire che, nelle aree di stoccaggio dei fusti, gli spazi disponibili siano adeguati alle necessità di stoccaggio e movimentazione;
l. spostare i fusti e gli altri contenitori mobili da un'ubicazione all'altra (o per il carico finalizzato al loro conferimento all'esterno del sito) solamente dietro disposizione di un responsabile; assicurare inoltre che il sistema di rintracciabilità dei rifiuti venga aggiornato e registri il cambiamento.

D.1.1.3 Tecniche per ottimizzare il controllo delle giacenze nei depositi di rifiuti

La corretta gestione delle giacenze consente una migliore conduzione dell'impianto di stoccaggio e un migliore monitoraggio del flusso dei rifiuti all'interno dell'intero impianto. Il sistema più corretto di gestione prevede:
a. per i rifiuti liquidi sfusi, il controllo delle giacenze comporta che si mantenga traccia dei flussi di materiale in tutto il processo. Per rifiuti contenuti in fusti, il controllo necessita che ogni fusto sia etichettato singolarmente, in modo da poter registrare la sua ubicazione fisica e la durata dello stoccaggio;
b. è necessario disporre di un'idonea capacità di stoccaggio di emergenza. Ciò è di particolare importanza nel caso in cui si renda necessario trasferire un rifiuto da un automezzo a causa di un suo guasto o a causa di un potenziale danneggiamento della capacità di contenimento del veicolo stesso. Tali situazioni non sono rare e la disponibilità di capacità di stoccaggio nel sito può costituire un fattore limitante;
c. tutti i contenitori devono essere chiaramente etichettati con la data di arrivo, i codici dell' Elenco Europeo dei rifiuti ed i codici di pericolo significativi ed un numero di riferimento od un codice identificativo univoco che permetta la loro identificazione nelle operazioni di controllo delle giacenze ed il loro abbinamento alle registrazioni di pre-accettazione e di accettazione. Ogni etichetta deve essere sufficientemente resistente per restare attaccata al contenitore ed essere leggibile per tutto il tempo di stoccaggio nel sito;
d. fare ricorso all'infustamento dei fusti in maxi-fusti solo come misura di emergenza. Tutte le informazioni necessarie devono essere riportate sull'etichetta del nuovo contenitore. La movimentazione di rilevanti quantità di rifiuti contenuti in maxi-fusti deve essere evitata, prevedendo il reinfustamento dei rifiuti una volta che l'incidente che ha reso necessario tale operazione è stato risolto;
e. prevedere un monitoraggio automatico del livello dei serbatoi di stoccaggio per mezzo di appositi indicatori di livello;
f. deve essere effettuato il controllo delle emissioni provenienti dai serbatoi in fase di miscelazione o di carico/scarico (con sistemi di compensazione degli sfiati o con filtri a carbone attivo);
g. limitare la permanenza dei rifiuti nelle aree di stoccaggio destinate al ricevimento dei materiali ad un massimo di una settimana.

D.1.1.4 Tecniche per la separazione dei rifiuti

La separazione delle aree di stoccaggio di rifiuti è necessaria per prevenire incidenti causati da sostanze incompatibili che possono reagire tra loro e contribuisce ad evitare un peggioramento della situazione qualora dovesse aver luogo un evento incidentale.
Dal punto di vista operativo, in linea di massima, è necessario uno spazio maggiore per realizzare un'efficace separazione dei rifiuti.
Un aspetto basilare per la sicurezza del settore nel quale viene effettuato lo stoccaggio dei rifiuti è la compatibilità dei materiali in esso contenuti. Devono essere valutati due aspetti tra loro indipendenti:

a. la compatibilità del rifiuto con il materiale utilizzato per la costruzione di contenitori, serbatoi o rivestimenti a contatto con il rifiuto stesso;
b. la compatibilità del rifiuto con gli altri rifiuti stoccati assieme ad esso.

Dopo che i rifiuti sono stati controllati al loro arrivo, essi devono essere suddivisi in gruppi differenti sulla base della classe chimica del rifiuto e della dimensione dei contenitori. Alcune tecniche da tenere presente sono:

a. valutare ogni incompatibilità chimica per definire i criteri di separazione. Non immagazzinare e/o miscelare i PCB con altri rifiuti (pericolosi o non pericolosi).
b. non mescolare oli esausti con rifiuti di PCB. La miscelazione di tali tipologie di rifiuti comporterebbe infatti la necessità di considerare "PCB" l'intera miscela;
c. differenziare le aree di stoccaggio a seconda della pericolosità del rifiuto;
d. realizzare pareti tagliafuoco tra i diversi settori dell'impianto.

D.1.2 Tecniche comunemente adottate nello stoccaggio e nella movimentazione dei rifiuti

Per gli impianti di stoccaggio dei rifiuti, gli obiettivi dello stoccaggio e delle attività preliminari al trattamento sono di:

- stoccare il rifiuto in modo sicuro prima di avviarlo ad una successiva fase di trattamento nello stesso impianto ovvero ad un processo di trattamento/smaltimento presso altri impianti;
- disporre di un adeguato volume di stoccaggio. Per esempio, nei periodi nei quali le attività di trattamento e gli impianti di smaltimento non sono operativi oppure qualora sia necessario prevedere una separazione temporale tra la raccolta e trasporto del rifiuto ed il suo trattamento ovvero allo scopo di effettuare controlli ed analisi;
- differenziare le fasi di raccolta e trasporto del rifiuto da quelle relative al suo trattamento;
- permettere l'effettiva applicazione di procedure di classificazione, da realizzarsi durante il periodo di stoccaggio/accumulo.

D.1.2.1 Trasferimento del rifiuto negli impianti di stoccaggio dei rifiuti

Le destinazioni successive dei rifiuti contenenti PCB stoccati possono essere:

- il riciclaggio/recupero delle apparecchiature,
- la decontaminazione degli apparecchi contenenti PCB e dei PCB,
- lo smaltimento.

Tali attività possono essere effettuate in una sezione distinta dello stesso impianto ovvero può essere necessario provvedere al carico del rifiuto su vettori stradali/ferroviari per un suo conferimento presso altri impianti.

La scelta delle modalità di trasporto dei rifiuti dipende dallo stato fisico del materiale che deve essere trasportato. In altre parole, il trasporto di rifiuti allo stato liquido e quello di apparecchiature ed altri rifiuti allo stato solido comporta l'impiego di tecniche diverse.
Le apparecchiature e i rifiuti allo stato solido saranno normalmente trasportati sul pianale di autocarri o all'interno di container e verranno movimentati mediante carrelli elevatori, gru, pedane mobili, ecc.

I rifiuti liquidi e semi-liquidi, imballati in fusti o cisternette, saranno trasportati con le medesime modalità dei rifiuti solidi mentre quelli stoccati in serbatoi saranno normalmente trasportati in autocisterna o ferrocisterna e verranno movimentati mediante pompe e tubazioni

D.1.2.2 Lavaggio e bonifica dei mezzi di trasporto e dei contenitori negli impianti di stoccaggio dei rifiuti

Dopo la consegna ed il loro svuotamento, i mezzi di trasporto ed i contenitori devono essere bonificati, tranne nel caso in cui i contenitori vengano a loro volta smaltiti o vengano nuovamente utilizzati per il trasporto della stessa tipologia di rifiuto.
A causa della molteplicità dei contenitori, la bonifica può essere effettuata manualmente usando lance con spruzzatori, lance ad alta pressione o stracci ed assorbenti. L'attività di bonifica deve essere effettuata sia all'interno che all'esterno dei contenitori, allo scopo di garantire la possibilità di riutilizzo degli stessi. La bonifica interna è importante per evitare che nei contenitori rimangano residui del rifiuto; ciò è particolarmente importante nel caso dei PCB, allo scopo di evitare la contaminazione di altre tipologie di rifiuti (p.es. oli) che verranno successivamente introdotti in tali contenitori

D.1.2.3 Riciclaggio dei contenitori negli impianti di stoccaggio dei rifiuti

La maggior parte dei contenitori vengono frantumati o schiacciati prima di essere avviati al recupero o allo smaltimento. Alcuni fusti e cisternette vengono destinati al riutilizzo per successive operazioni di trasferimento del materiale ed altri vengono lavati/bonificati prima di essere riutilizzati o venduti.

D.1.2.4 Modalità di stoccaggio e attrezzature utilizzate negli impianti di stoccaggio dei rifiuti

I rifiuti liquidi possono essere stoccati, in serbatoi o in contenitori mobili (p.es. fusti o cisternette), al coperto o all'interno di edifici adibiti a magazzino. Le apparecchiature e gli altri rifiuti solidi possono anch'essi esser stoccati sotto tettoia o all'interno di edifici adibiti a magazzino; i rifiuti solidi, in quanto contenenti residui oleosi, devono essere imballati all'interno di fusti o maxi-fusti.
Dopo lo scarico dai mezzi di trasporto, i rifiuti devono essere trasferiti nelle aree di stoccaggio.

I punti a cui gli operatori di un impianto nel quale viene effettuato lo stoccaggio dei rifiuti devono prestare la maggiore attenzione sono i seguenti:
- ubicazione delle aree di stoccaggio
- stato di conservazione delle infrastrutture delle aree di stoccaggio
- condizioni in cui si trovano serbatoi, fusti e altri contenitori
- controllo delle giacenze
- separazione degli stoccaggi per tipologie omogenee di rifiuti
- dispositivi di contenimento ed altre misure di prevenzione e protezione per l'ambiente e la salute dei lavoratori.

Un punto particolarmente importante dal punto di vista della sicurezza delle attività di stoccaggio e della manipolazione dei rifiuti sono le misure di prevenzione e protezione antincendio.

D.1.2.5 Capacità di stoccaggio

Le capacità di stoccaggio devono essere previste in modo tale da assicurare un servizio continuativo, in particolare laddove tale attività sia preliminare ad un successivo trattamento.

- **D.2 Tecnologie disponibili per la decontaminazione e loro classificazione**

D.2.1 Generalità e classificazione

L'approccio metodologico generale cui devono far riferimento le tecnologie di decontaminazione deve soddisfare i seguenti requisiti:

- la riduzione del rischio per i lavoratori, la salute pubblica e l'ambiente, derivante da anomalie o guasti degli apparecchi che possono originare incendio o perdita di prodotti pericolosi e persistenti;
- l'applicazione a "regola d'arte" delle migliori tecniche e metodologie di sicurezza disponibili, privilegiando criteri di prossimità, autosufficienza e recupero funzionale;
- la fattibilità tecnica ed economica delle attività suggerite o imposte dalla normativa e dalla legislazione vigente, nel tempo previsto.

La prima classificazione delle tecnologie e processi di decontaminazione utilizzati per apparecchi contenenti liquidi isolanti contaminati da PCB riguarda la capacità o meno di recupero funzionale del liquido isolante e permette di distinguere tra:

a **sostituzione del liquido isolante contaminato (refilling o retrofilling)** con altri non contaminati, aventi equivalenti o migliori caratteristiche funzionali e ambientali e successivo trasporto e smaltimento del PCB;

b **decontaminazione mediante dealogenazione chimica** mirata alla detossificazione dei composti pericolosi e persistenti ed al recupero funzionale del liquido isolante e anche dell'apparecchiatura;

Una ulteriore classificazione delle tecnologie di decontaminazione può essere basata sulla modalità operative di circolazione e/o produzione nel processo:

a **processi a ciclo aperto**, che prevedono lo svuotamento degli apparecchi e la manipolazione e trasferimento del liquido contenete PCB in altri contenitori per il trattamento o lo smaltimento;

b **processi a ciclo chiuso**, operanti senza svuotamento dell'apparecchio, mediante collegamento diretto dell'apparecchiatura utilizzata per la decontaminazione all'apparecchio contenente il PCB;

c **processi discontinui (batch)**, nei quali volumi costanti (lotti) del liquido contenente PCB vengono svuotati dall'apparecchio e sottoposti ad una serie di processi chimici o fisici non contemporanei, ma che avvengono in fasi successive, ben distinte tra loro;

d **processi continui per circolazione**: nei quali il liquido contenente PCB viene sottoposto ad una serie di processi chimici e fisici contemporanei mediante circolazione attraverso l'apparecchio di decontaminazione. Tale condizione non prevede lo svuotamento neanche parziale dell'apparecchio e/o l'utilizzo di serbatoi esterni con funzione di compensazione e capacità aggiuntive di liquidi isolanti esterni.

Per ovviare a possibili problemi di interruzione dei servizi nel settore dell'energia elettrica e in quello dell'industria produttiva e dei servizi essenziali, è possibile utilizzare alcune delle suddette

tecnologie sia "*in situ*" che presso centri specializzati. Per questa ragione è possibile, ancora, classificare le tecnologie di decontaminazione in tre categorie:

a. interventi in centro attrezzato (off site) che prevedono lo smontaggio e il trasporto del l'apparato e del liquido isolante contenuto;
b. interventi sul posto (on site) con messa "fuori servizio" dell'apparato;
c. interventi sul posto (on site) con mantenimento "in servizio" dell'apparato.

La scelta delle migliori tecnologie e/o modalità operative devono essere eseguite in funzione delle caratteristiche dell'apparecchiatura e delle esigenze di continuità di servizio. In genere, sono da privilegiare le tecniche in grado di operare "on site" con l'apparecchio in funzione (per gli apparati elettrici: sotto tensione e sotto carico). Tale tecnica evita, inoltre, i rischi e i costi relativi alle operazioni di disinstallazione e trasporto di apparecchi e liquidi pericolosi, particolarmente elevati e inaccettabili per i trasformatori di grande potenza e dimensione. Tale tecniche, inoltre, comportano apprezzabili vantaggi economici.

Indipendentemente dalla tecnologia utilizzata e dalle modalità operative impiegate, l'espletamento di un intervento di decontaminazione deve prevedere:

- definizione dei requisiti di continuità di esercizio, delle condizioni operative, dei rischi e delle condizioni di sicurezza, delle competenze e dei tempi di attuazione;

- verifiche analitiche preliminari e valutazione del degrado funzionale del liquido isolante e dell'apparecchiatura;

- trasporto, installazione e predisposizione degli impianti e dei materiali necessari per realizzare l'intervento;

- operazioni di decontaminazione secondo le tecniche e modalità scelte, eseguite a cura di imprese autorizzate e personale qualificato in possesso di specifica formazione e addestramento;

- verifiche analitiche finali e controlli degli esiti dell'intervento, ripetute a distanza di un congruo periodo di tempo dalla data di decontaminazione;

- riclassificazione "NO PCB" degli apparecchi in conformità alla norme e specifiche richieste;

- smaltimento dei rifiuti prodotti durante le operazioni del ciclo.

D.2.2 Tecnologie di decontaminazione

Le principali tecnologie attualmente disponibili per la decontaminazione di apparecchiature elettriche e per liquidi isolanti sono quelle indicate nella Norma CEI 10-38.

D.2.2.1 Sostituzione del liquido isolante contaminato *(refilling o retrofilling)*

La tecnologia del refilling rappresenta una soluzione di tipo semplice; inoltre, la stessa è stata una delle prime adottata per la decontaminazione di apparecchi contenenti PCB, in assenza di tecnologie operanti mediante azione chimica sugli inquinanti.

Essa è un processo di tipo aperto “confinato”, discontinuo, che comprende le seguenti fasi operative:

- svuotamento completo del liquido isolante contaminato e trasferimento dello stesso in serbatoi o cisterne idonee al contenimento di rifiuti pericolosi per l’invio allo smaltimento;
- drenaggio e gocciolamento dell’apparecchio allo scopo di rimuovere la maggiore quantità possibile di liquido contaminato da PCB;
- lavaggio dell’apparecchio con solventi (tipicamente clorurati quali, ad esempio, il percloroetilene) o liquido isolante nuovo non contenete PCB allo scopo di decontaminare i materiali solidi porosi;
- riempimento completo degli apparecchi con liquido isolante nuovo non contenente PCB, avente caratteristiche conformi alle norme tecniche applicabili;
- trasporto e stoccaggio preliminare del liquido isolante PCB rimosso dall’apparecchio e di tutti i liquidi e solventi di risulta dalle operazioni di cui alle precedenti operazioni in conformità alle norme e leggi nazionali e internazionali (in caso di trasporto transfrontaliero dei rifiuti);
- smaltimento mediante incenerimento del liquido isolante PCB rimosso dall’apparecchio e di tutti i liquidi e solventi di risulta in impianti idonei ed autorizzati.

L’efficacia di questa tecnica in termini di riduzione della concentrazione di PCB al di sotto della soglia richiesta (tipicamente 0,005% in peso) è fortemente dipendente dalla concentrazione iniziale di inquinante.

L’azione di svuotamento e lavaggio infatti non è in grado di rimuovere in maniera completa il liquido isolante contaminato presente nell’apparecchio e, pertanto, si riscontrano incrementi nel tempo della concentrazione di PCB nel liquido isolante nuovo, dovuti alla cessione di contaminante da parte dei materiali porosi impregnati.

L’esperienza dimostra che, in caso di semplice sostituzione del liquido isolante, la concentrazione residua di PCB nel liquido isolante nuovo, misurata dopo 90 giorni di servizio dell’apparecchio dopo la fase di decontaminazione, è compresa tra il 10 e 15% del valore della concentrazione iniziale (rendimento del 85-90%).

Ne deriva che in caso di concentrazioni iniziali superiori a 0,05% in peso (500 mg/kg) la concentrazione di PCB misurata a distanza di 90 giorni dal termine della decontaminazione iniziale può risultare superiore alla soglia richiesta (tipicamente 50 mg/kg), originando la necessità di ripetere il ciclo.

Da un punto di vista dell’ecobilancio il metodo ha un elevato consumo di risorse non rinnovabili (120-150% di olio per ciclo di lavaggio) e produce elevate quantità di CO2 equivalente (trasporto e incenerimento).

D.2.2.2 Processi di tipo chimico basati sulla dealogenazione dei PCB nel liquido isolante

I processi chimici e chimico-fisici di decontaminazione di apparecchiature e liquidi isolanti contaminati da PCB hanno generalmente per obiettivo la rimozione del cloro presente nelle molecole del bifenile (PCB, PCT) e di altri composti alogenati (ad esempio il PCBT) e la conversione in composti maggiormente biodegradabili e non pericolosi. Pertanto, tali processi consentono la detossificazione dei PCB ed il recupero funzionale del liquido isolante stesso e dell'apparecchio stesso, che pertanto può rimanere in esercizio.

Nel seguito vengono illustrati i principali processi chimico-fisici attualmente disponibili.

D.2.2.2.1 Processi di dealogenazione con sodio, litio e derivati

Diversi sono i processi che utilizzano la tecnica di dealogenazione con sodio, litio e derivati, tra questi si citano:

- il processo "GoodyearTyre & Company" (USA);
- il processo "Pytlewski" (USA);
- una variante del predetto processo, sviluppata a livello industriale dalla compagnia SunOhio (USA) che utilizza una miscela liquida di sodio-naftalene (processo "PCBX");
- il processo FLUIDEX (Sud Africa) che utilizza polveri di sodio metallico finemente suddivise;
- il processo a base di sodio metallico sviluppato da BC HYDRO & ONTARIO HYDRO nei primi anni ottanta ed adottato da ENERVAC CORPORATION (Canada);
- il processo sviluppato nel 2002 dalla KIOSHI (Argentina) per applicazione su oli isolanti da destinarsi principalmente all'impiego come combustibile.

In Italia è stata depositata una domanda di brevetto (MI99A002078 del 06/10/1999) da ECOCALOR Srl (ELMA Srl) e ECOLSIR Srl riguardante "Apparecchiature per la dealogenazione di oli minerali dielettrici e diatermici contaminati da composti organici clorurati e/o solforati e composti acidi ossidati"

Le tecniche di dealogenazione al sodio, litio e derivati sono processi discontinui, in quanto necessitano di serbatoi esterni con funzione di compensazione e capacità aggiuntive di liquidi isolanti esterni. Tali processi sono applicabili a ciclo chiuso o aperto, e utilizzano reagenti miscibili con l'olio, a base di sodio metallico, idruro di sodio, idruro di litio ed additivi per la declorurazione del PCB negli oli isolanti.

Il processo utilizzato in Italia comprende le seguenti fasi operative :

- svuotamento, totale o parziale del liquidi isolante e trasferimento dello stesso in un serbatoio di compensazione con un trattamento preliminare di disidratazione dell'olio contenete PCB;
- riscaldamento dell'olio ad una temperatura compresa tra 150 e 300 °C;

- reazione tra l'olio e l'idruro di metallo alcalino (sodio o litio) per la dealogenazione dei PCB e desolforazione dell'olio con l'impiego di un flusso continuo di azoto per minimizzare il rischio di esplosione e/o incendio;
- separazione dei reagenti e dei sottoprodotti di reazione dall'olio mediante decantazione e/o centrifugazione.

L'olio ottenuto al termine delle suddette fasi non è idoneo per il riutilizzo immediato in apparecchi elettrici in esercizio; a tal fine deve essere sottoposto ad ulteriori fasi di purificazione/rigenerazione:

- filtrazione e adsorbimento su terre o argille attive;
- degasaggio, deumidificazione sotto vuoto e microfiltrazione;

Le suddette fasi possono essere applicate sul luogo di installazione degli apparecchi (on-site) mediante impianti mobili o presso impianto fisso dedicato.

Normalmente la capacità di tali impianti permette la decontaminazione di volumi fissi di olio di circa 1.500-2.000 litri alla volta, che vengono prelevati dagli apparecchi e sottoposti alle varie operazioni, realizzate in successione.

Per quanto riguarda la capacità di riduzione della concentrazione di PCB a valori inferiori alla soglia limite richiesta, questi processi sono caratterizzati da una elevata efficienza funzionale, indipendentemente dal valore di concentrazione di partenza.

La stabilità nel tempo dei valori ottenuti, in caso di riutilizzo degli oli e degli apparecchi decontaminati, è soggetta alle stesse limitazioni e ad alcune criticità operative individuate per il refilling, in quanto il processo di decontaminazione viene effettuato sull'olio svuotato dall'apparecchio, quindi ha minore efficacia per la decontaminazione dell'apparecchio stesso (soprattutto se la contaminazione iniziale è particolarmente elevata).

Per molti aspetti, questa modalità operativa è equivalente alla sostituzione del liquido isolante (refilling) con la differenza che l'olio, invece di essere trasportato ed incenerito, viene decontaminato al fine di possibile reimpiego nell'apparecchio.

Per quanto riguarda la possibilità di recupero delle proprietà dielettriche e chimiche del liquido isolante, al fine di permetterne il riutilizzo, questi processi richiedono trattamenti supplementari di rigenerazione e purificazione degli oli.

In ogni caso, per le elevate temperature e condizioni di reazione, alcune caratteristiche chimico-fisiche dell'olio possono subire alterazioni anche tali da comprometterne la rispondenza ai requisiti normativi (Norma IEC 60422, in via di revisione) anche a causa della volatilizzazione della frazione più leggera e della desolforazione dell'olio, ovvero per la rimozione degli inibitori naturali all'ossidazione (composti dello zolfo e aromatici).

Ancora questi processi di trattamento generano una dispersione nell'olio di composti ionici e polari che possono degradare le proprietà isolanti dei materiali interni (carte isolanti) generando condizioni favorevoli per l'insorgenza di scariche parziali con possibili incidenze negative anche tali da provocare una riduzione della vita utile degli apparecchi.

Le condizioni estreme di processo, nella zona in cui inizia la pirolisi e cracking dell'olio, possono favorire anche la formazione di policiclici aromatici che sono classificati cancerogeni per l'uomo.

Per tali specifici motivi questi processi non sono particolarmente raccomandati per l'impiego su apparecchi e oli isolanti destinati a proseguire l'esercizio a valle della decontaminazione, in particolare su macchine strategiche e su siti sensibili.

La criticità prioritaria di questa tecnica è identificata nell'elevato rischio di esplosione e/o incendio a causa dell'utilizzazione di sodio, litio e derivati che hanno una elevatissima reattività con l'umidità e con altri composti ossidati presenti negli oli in esercizio (alcoli, acidi, CO2, etc.).

Particolarmente critiche risultano essere inoltre la fasi di stoccaggio, manipolazione, trasporto e utilizzo di sodio, litio e derivati. È necessario garantire una temperatura di 15-25 °C in tutte le condizioni operative dell'anno nonché soddisfare quanto disposto in materia di Pubblica Sicurezza (Regio Decreto 18/6/1931, N. 773) per prodotti che, nelle circostanze operative, possono diventare "esplodenti".

In relazione ai rischi specifici di esplosione e/o incendio risulta indispensabile porre in atto le misure necessarie di minimizzazione dei rischi in conformità a quanto disposto dal D.Lgs 12 Giugno 2003, titolo VIII bis, integrazione al D,Lgs 626/94 per prevenire la formazione di atmosfere esplosive tali da mettere in pericolo la salute e la sicurezza dei lavoratori o indurre "incidenze critiche e/o rischi irragionevoli" con riferimento alla Norma CEI 10-38.

Ulteriore criticità è legata all'impiego del metodo su trasformatori di piccole dimensioni dove si ha la necessità di svuotare completamente la macchina senza la possibilità di ottimizzare il processo di decontaminazione di liquido e apparecchio.

D.2.2.2.2 Processo di dealogenazione con polietilenglicole e idrossido di potassio (KPEG)

Questi processi (Brevetti USA N.4.353.793 del 12/10/1982, N.4.410.422 del 18/10/1983, N.4.352.718 del 28/09/1982 General Electric Company Brunelle D.J; N.4.781.826 del 01/11/1988 General Electric Company – Mendiratta) sviluppati per superare gli inconvenienti legati all'impiego di sodio metallico, utilizzano un reagente liquido miscibile con l'olio, formato da polietilenglicole (PEG) e idrossido di un metallo alcalino (tipicamente KOH) per la declorurazione del PCB negli oli isolanti.

Questo tipo di processo, industrializzato da S.D.MYERS (USA), generalmente viene impiegato in maniera discontinua (batch), presso il luogo di installazione degli apparecchi o presso centro dedicato.

Sono processi discontinui, in quanto necessitano di serbatoi esterni con funzione di compensazione e capacità aggiuntive di liquidi isolanti esterni.

Le fasi operative che si possono individuare sono le seguenti:

- svuotamento completo o parziale di una aliquota di olio isolante di circa 1.000-2.000 kg;
- riscaldamento dell'olio ad una temperatura tipicamente compresa tra 110 e 140 °C per attivare la reazione del poliglicolato liquido;
- reazione tra l'olio e la miscela di PEG e KOH per la dealogenazione dei PCB;

- separazione dei reagenti liquidi e dei sottoprodotti di reazione dall'olio mediante decantazione e/o centrifugazione;
- filtrazione e adsorbimento su terre o argille attive;
- degasaggio e deumidificazione sotto vuoto e microfiltrazione.

Per quanto riguarda la capacità di riduzione della concentrazione di PCB a valori inferiori alla soglia limite richiesta, questo processo presenta una efficienza funzionale soddisfacente, indipendentemente dal valore di concentrazione di partenza, pur avendo maggiori difficoltà nella decontaminazione dei Bifenili a basso contenuto di Cloro (Aroclor 1242).

Per quanto riguarda la possibilità di recupero delle proprietà dielettriche e chimiche del liquido isolante, la tecnologia al non presenta le criticità tipiche dei processi al sodio, litio e derivati, in quanto opera a temperature inferiori al punto di infiammabilità degli oli minerali (140°C).

Esso tuttavia può comportare difficoltà di separazione dall'olio del reagente liquido e dei sottoprodotti di reazione al termine della dealogenazione.

Ulteriore criticità è legata all'impiego del metodo su trasformatori di piccole dimensioni dove si ha la necessità di svuotare completamente la macchina senza la possibilità di ottimizzare il processo di decontaminazione di liquido e apparecchio.

D.2.2.2.3 Processo di dealogenazione in continuo ed a circuito chiuso

Questo processo, sviluppato da Sea Marconi Technologies a partire dal 1982 e denominato CDP PROCESS (ultimi Brevetti CEE n. 0675748 del 04/06/1997; USA 5.663.7479 etc) rappresenta una innovazione tecnologica innovativa e migliorativa dei processi KPEG e Niagara Mohawk Power Corporation – USA (Brevetto Peterson 4.532028 variante KPEG + DMS.) e risolve le maggiori criticità operative dei precedenti processi.

L'innovazione è nell'impiego di un reagente solido granulare non miscibile con l'olio, formato da miscele di polietilenglicoli e polipropileneglicoli solidi ad alto peso molecolare, un miscuglio di basi e un iniziatore radicalico o altri catalizzatori che vengono posti in colonna per declorurare a bassa temperatura (80-100°C) progressivamente gli alogenuri aromatici anche particolarmente stabili (PCB, PCT, PCBT, PCDD, PCDF) e contestualmente operano la depolarizzazione dell'olio e la decontaminazione dagli altri inquinanti.

Questo tipo di processo multifunzionale viene realizzato in maniera continua mediante circolazione chiusa dell'olio senza svuotamento dell'apparecchio contaminato; quest'ultimo viene semplicemente collegato ad unità mobile di decontaminazione, ad una portata variabile da 700 a 2.000 l/h. Queste unità mobili sono sistemi modulari di compatte dimensioni dotate di sistemi automatici di sicurezza e controllo di processo in grado di operare in tutte le condizioni operative (centrali, cabine primarie e di trasformazione, cabine sotterranee, etc.). Le unità mobili sono inoltre provviste di sistemi di protezione delle perdite (Spill Guard), di sistemi di autopulizia (Self Cleaning) anche in grado di eliminare le emissioni in atmosfera (Emx-Clean) e di sistemi automatici di supervisione e controllo per tutti i parametri di sicurezza del processo al fine di evitare l'insorgenze di possibili incidenti.

Operando il CDP Process a "sistema chiuso", quindi senza svuotamenti neanche parziali del liquidi isolanti, risulta pienamente rispondente alla Direttiva 76/769/CE del 26 luglio 1976. L'impiego del

CDP Process - sia con un unità mobili che presso gli impianti (cabine, stazioni elettriche, etc.) che presso Centri attrezzati - per la decontaminazione da PCB è equiparabile ad attività di manutenzione (CEI 10-38) qualora gli apparati elettrici non siano giunti a fine vita operativa.

Durante la circolazione continua, il liquido isolante viene sottoposto alle operazioni di decontaminazione che procedono simultaneamente come di seguito descritto:

- riscaldamento dell'olio ad una temperatura compresa tra 80 e 100 °C;
- dealogenazione chimica mediante percolazione sotto pressione sul reagente solido, preconfezionato in cartucce filtranti contenute in idonei recipienti (colonne);
- depolarizzazione mediante percolazione sotto pressione su supporti adsorbenti particellari ad elevata superficie;
- degasaggio, deumidificazione sotto vuoto e microfiltrazione.

Per quanto riguarda la capacità di riduzione della concentrazione di PCB a valori inferiori alla soglia limite richiesta, questo processo presenta una efficienza funzionale soddisfacente, indipendentemente dal valore di concentrazione di partenza. L'esperienza operativa dimostra che generalmente è sufficiente un singolo intervento per garantire il raggiungimento della soglia limite richiesta partendo anche da concentrazioni iniziali di 500-1000 mg/kg di PCB. A concentrazioni maggiori, fino a 50.000 mg/kg di PCB si è dimostrato che sono necessari più interventi nel tempo.

La stabilità nel tempo dei valori ottenuti, in caso di riutilizzo degli oli e degli apparecchi decontaminati è assicurata dalla circolazione dell'olio stesso, che agisce da solvente per l'estrazione progressiva dei PCB dai materiali porosi all'interno degli apparecchi. Il rendimento tipico di un singolo intervento è del 93-97%.

Le casistiche note hanno dimostrato che la concentrazione di PCB misurata su una grande popolazione di trasformatori di potenza in esercizio a distanza di 12 mesi dall'esecuzione della decontaminazione si mantiene stabilmente a valori pari al 3-5% della concentrazione iniziale, anche in caso di valori di partenza superiori a 500 – 1.000 mg/kg.

Per quanto riguarda la possibilità di recupero funzionale delle proprietà dielettriche e chimiche del liquido isolante, il processo è sicuramente il più vantaggioso, assicurando l'ottenimento di caratteristiche degli oli conformi ai più restrittivi requisiti raccomandati dalle norme (IEC 60422).

Lo stesso processo, non svuotando l'apparecchio, è in grado di garantire lo stand by di 2-4 ore e la fattibilità tecnica dell'esecuzione delle operazioni sotto tensione e sotto carico anche su trasformatori di grande potenza.

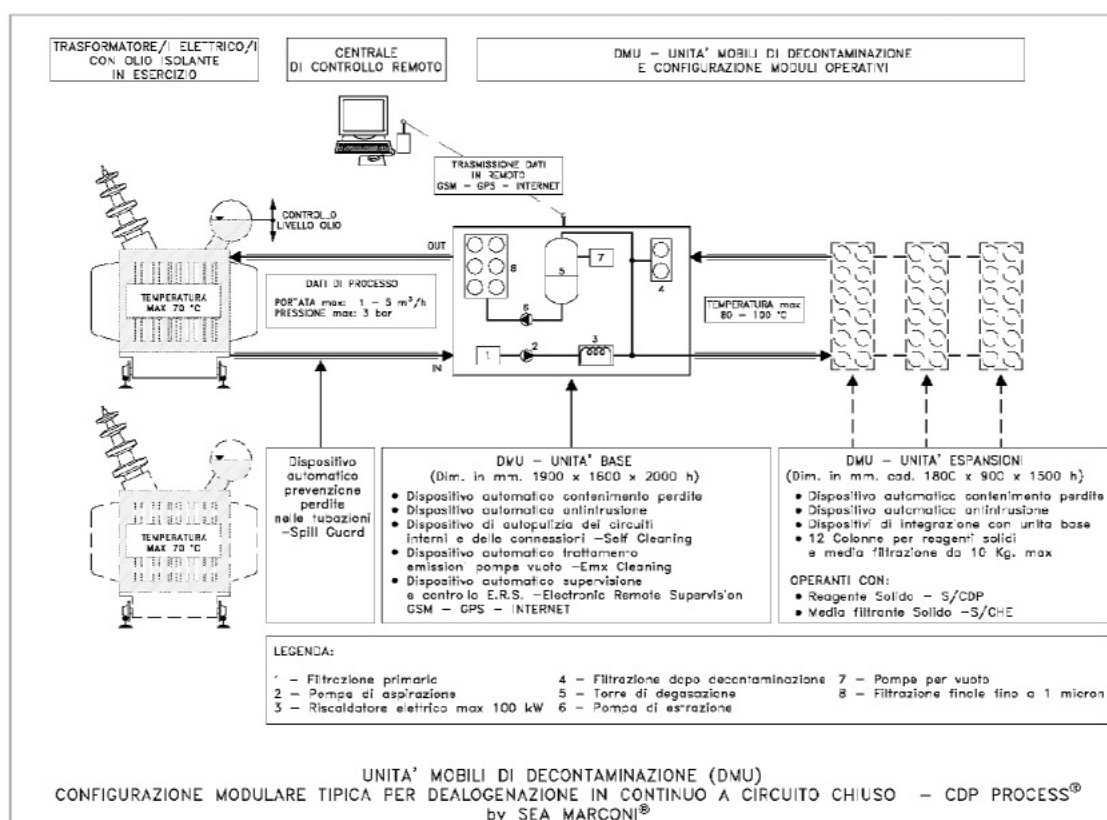
Su trasformatori da distribuzione, tipicamente della potenza di 250 kVA (circa 800 kg quale peso complessivo della macchina con 200 kg di olio), il processo viene implementato in continuo e a ciclo chiuso provvedendo alla contemporanea decontaminazione di 4-6 o più trasformatori opportunamente raggruppati in lotti in una Unità a Connessione Multipla specifica.

La tecnologia CDP PROCESS, per la sua speciale configurazione e procedure operative è attualmente considerata la risposta più efficace e flessibile per la implementazione della Direttiva 76/769/CE del 26 luglio 1976 nel settore delle attività di controllo e decontaminazione di PCB in continuo e a circuito chiuso senza svuotamento di trasformatori elettrici e liquidi isolanti in esercizio; in Francia è normalmente prevista tale tecnica di manutenzione con impianti mobili DMU (Rif. Prefecture de Meurthe et Moselle, Direction des Action Interministerielles, Bureau de

l'Environment, Arrete n. 2002/01 del 17/01/02, SEA MARCONI TECHNOLOGIES France, Nancy).

Il CDP PROCESS è utilizzato da anni, anche su grandi parchi di trasformatori, senza aver mai provocato incidenti.

Sotto gli aspetti della sicurezza di processo, questa tecnologia è quella che attualmente determina il minor rischio per i lavoratori, la salute pubblica e l'ambiente ed è altresì ritenuta la più sicura ed affidabile in termini di prestazioni funzionali senza indurre incidenze critiche durante il Ciclo di Vita successivo del trasformatore e/o apparecchio contenente liquido isolante in esercizio.

UNITA' MOBILI DI DECONTAMINAZIONE (DMU)
CONFIGURAZIONE MODULARE TIPICA PER DEALOGENAZIONE IN CONTINUO A CIRCUITO CHIUSO – CDP PROCESS®
by SEA MARCONI®

- **D.3 Aspetti ambientali**

Per i requisiti di sicurezza ambientale sono certamente da privilegiare le tecniche che prevedono la decontaminazione degli apparecchi e dei liquidi isolanti, permettendone il riutilizzo e il recupero funzionale, rispetto a quelle che prevedono la sostituzione e lo smaltimento del liquido isolante (retrofilling) e/o dell'apparecchio e il rimpiazzo con nuove unità.

Inoltre, le tecniche che offrono la possibilità di applicazione sul posto di installazione degli apparecchi, senza svuotamento dei medesimi, sono certamente conformi ai principi di prossimità, autosufficienza e recupero funzionale sanciti dalle direttive comunitarie.

Infine i processi realizzati in continuo, a ciclo chiuso, senza svuotamento degli apparecchi, sono intrinsecamente più sicuri nei confronti dei rischi di versamento nell'ambiente di liquidi contenenti PCB.

In considerazione delle suddette premesse, la tecnica di refilling appare penalizzata rispetto ai processi di dealogenazione, pur restando l'unica applicabile per liquidi isolanti clorurati a base di PCB (Askarels).

Nel seguito vengono considerati i principali aspetti di caratterizzazione dell'impatto ambientale derivante dall'applicazione delle tecniche elencate.

D.3.1 Consumi di risorse ed ecobilancio ambientale

L'applicazione della tecnica di refilling non è particolarmente dispendiosa sotto l'aspetto del consumo di energia elettrica, in quanto non richiede l'impiego di potenza elettrica per il riscaldamento dell'olio.

Dal punto di vista di ecobilancio generale essa tuttavia implica un rilevante consumo di risorse, legato alla necessità di approvvigionamento, trasporto e manipolazione di quantità di liquidi isolanti pari o superiori a quelli contenuti negli apparecchi contaminati (tipicamente il 120-150% per ogni ciclo di intervento).

Le tecniche di dealogenazione, pur essendo più dispendiose in termini di energia elettrica necessaria per l'alimentazione degli impianti tecnologici ad esse dedicati (da 50 a 150 kW per unità), non richiedono il consumo di nuovi liquidi isolanti, se non in modeste quantità per le operazioni di complemento dei livelli operativi negli apparecchi a fine intervento (tipicamente dal 2 al 5%).

Nessuna delle tecniche descritte prevede particolare consumo di risorse idriche.

D.3.2 Emissioni in atmosfera e rumore

In generale, tutti i processi esaminati non presentano particolari problematiche con riferimento alla produzione di rumore, sia per il sito ove l'attività è espletata che per i mezzi impiegati nel processo. Nella generalità dei casi, il rumore è sempre inferiore ai limiti fissati dal DLgs 277/91 (< 80 dBa).

Nel caso del processo in continuo (60-80 °C in colonna di degasaggio) l'unica possibile fonte di emissione in atmosfera è connessa alla fase di degasaggio durante l'estrazione di gas tipici dei liquidi isolanti (gas atmosferici e umidità disciolta in olio). In questo caso è previsto un efficace sistema di cattura e trattamento integrato (condensazione, demixster, filtrazione meccanica e assorbimento su carboni attivi) in grado di garantire la conformità ai requisiti più restrittivi imposti e/o raccomandati a livello internazionale.

Le altre tecniche di dealogenazione (KPEG), operanti a più alta temperatura (120 – 140 °C) e quelle al sodio, litio e derivati (150 – 300 °C) presentano emissioni in atmosfera più elevate per la possibile formazione di frazioni idrocarburiche leggere e di PCB basso clorurati a più alta volatilità.In questo caso è raccomandato l'impiego di sistemi di trattenimento delle emissioni in

atmosfera più sofisticati, quali la combinazione di condensatori, a bassa temperatura, trappole, scrubbers di neutralizzazione, filtri assorbenti, etc.

La tecnologia del refilling può generare emissioni in atmosfera qualora si utilizzino solventi particolarmente volatili per la fase di lavaggio degli apparecchi contenenti PCB.

Il refilling, inoltre, produce indirettamente elevate quantità di biossido di carbonio nella fase dell'incenerimento dei liquidi isolanti sostituiti (circa 5 tonnellate di CO_2 per ogni 1 tonnellata di olio).

Uno studio effettuato in Francia in materia di LCA (Life Cycle Analysis) comparando l'opzione di refilling con incenerimento dell'olio con il CDP Process in continuo ha dimostrato che, su una popolazione di trasformatori contaminati da PCB pari a 545.000 unità, si ottiene una emissione di CO_2 equivalente di oltre 26 milioni di tonnellate (refilling) rispetto a circa 0,53 milioni di tonnellate (CDP Process).

D.3.3 Produzione di rifiuti

Esistono sostanziali differenze tra la tecnica di refilling e le tecniche di dealogenazione per quanto riguarda l'origine, la tipologia e la quantità di rifiuti prodotti.

Il refilling implica la generazione di rifiuti pericolosi (liquidi contenti PCB e solventi tipo percloroetilene) in quantità pari o superiore alla quantità di PCB contenuta negli apparecchi, in conseguenza delle ripetute fasi di svuotamento e lavaggio degli apparecchi.

Le tecniche di dealogenazione con idruri di metalli alcalini o polietilenglicole e idrossido di potassio originano rifiuti liquidi e solidi derivanti dalle fasi di reazione, filtrazione ed assorbimento in quantità inferiore alla quantità di liquido isolante decontaminato (10-15%) tipicamente in relazione alla concentrazione di PCB iniziale e dalle soglie da raggiungere. Tuttavia, risultano critiche le fasi di trasporto e di smaltimento di rifiuti contenenti sodio, litio e derivati per le loro caratteristiche di pericolosità intrinseca.

La tecnica di dealogenazione in continuo origina rifiuti solidi, non contenenti PCB, in quantità fino al 5-10% (correlata alla concentrazione iniziale e finale di PCB) rispetto alla massa di olio isolante decontaminato, derivanti dalle fasi di dealogenazione e depolarizzazione. Tali materiali possono essere impiegati più volte in analoghi processi di decontaminazione fino al completo sfruttamento delle capacità reologiche; quando il principio attivo risulta consumato è possibile neutralizzare il supporto particellare recuperando la parte inorganica per il successivo reimpiego; la parte organica residua viene conferita, tramite azienda autorizzata, allo smaltimento come rifiuto speciale anche se non classificato come PCB.

- **D.4 Analisi dei rischi per la sicurezza dei lavoratori e salute pubblica**

L'analisi dei rischi connessi all'impiego delle varie tecniche di decontaminazione precedentemente descritte implica la valutazione delle caratteristiche dei processi, degli impianti e dei materiali impiegati,delle modalità operative e dell'organizzazione aziendale dell'operatore qualificato.

E' obbligo generale delle imprese e in particolare di quelle che effettuano attività di decontaminazione di apparecchi contenenti PCB, eseguire la valutazione dei rischi connessi con l'impiego della tecnica e tecnologia da esse adottata e redigere un piano di sicurezza conforme ai requisiti previsti dalla legislazione vigente (D.Lgs 626/94)

D.4.1 Rischi di scoppio e incendio degli apparecchi

In presenza di liquidi isolanti a base di idrocarburi (oli minerali), contenenti o contaminati da PCB, il rischio di incendio è certamente quello che può produrre i maggiori impatti sulla salute umana e sull'ambiente; infatti, in presenza di combustione incontrollata i PCB possono originare composti altamente tossici e pericolosi, quali la classe di composti denominati Diossine (ad es. TCDD) e quella dei dibenzofurani (ad es. TCDF).

Le tecniche di decontaminazione analizzate, operando in diverse condizioni di processo (temperatura e pressione) e impiegando diversi materiali e reagenti, presentano caratteristiche differenti nei confronti del rischio di incendio.

La tecnica di refilling non introduce rischi di incendio, fatta salva la relativa infiammabilità dell'olio e l'eventuale impiego di solventi leggeri infiammabili.

Le tecniche di dealogenazione che utilizzano reagenti a base di idruri di metalli alcalini (sodio, litio e derivati) sono certamente più critiche sotto gli aspetti della sicurezza.

Gli idruri di sodio e litio, a contatto con acqua, alcoli, CO_2 e acidi (presenti nell'olio e/o nell'ambiente) si decompongono e possono originare miscele esplosive e/o facilmente infiammabili. Pertanto tale tecnologia può presentare elevati rischi di scoppio e incendio, anche dovuti alla presenza di una matrice combustibile (olio isolante) e dalle temperature di reazione del processo superiori al punto di ignizione dell'olio.

I suddetti rischi sono inoltre presenti durante le fasi di trasporto e stoccaggio nel luogo di utilizzo delle suddette sostanze; in particolare l'impiego di tali tecniche implica l'adozione di idonee misure antincendio e mezzi di spegnimento adeguati (sabbia o cemento), oltre che opportune contromisure per evitare l'autoaccensione dei prodotti a causa della loro alta reattività a contatto con l'umidità atmosferica, con l'aria, con fonti di calore, cariche elettrostatiche, alcoli, prodotti ossidati/acidi e CO_2.

Il D.Lgs 12 giugno 2003 n.233 titolo 8 bis , integrazione al D.Lgs 626/94 obbliga l'utilizzatore di processi pericolosi alla valutazione dei rischi di esplosione e alla adozione di idonee contromisure e mezzi tecnici adeguati per prevenire la formazione di atmosfere esplosive tali da mettere in pericolo la sicurezza e la salute dei lavoratori.

La tecnica di dealogenazione con polietilenglicole e idrossido di potassio (KPEG) e la tecnica di dealogenazione in continuo con reagente solido sono caratterizzate da condizioni di processo non critiche, considerato che la temperatura di reazione è sensibilmente inferiore al punto di infiammabilità dell'olio isolante e la pressione è pari o di poco superiore alla pressione ambiente.

D.4.2 Rischi di perdite e versamenti nell'ambiente

Nei confronti dei rischi di perdite e versamenti nell'ambiente di liquidi contenenti PCB sono da privilegiare le tecniche di decontaminazione operanti, a ciclo chiuso, senza svuotamento, neanche parziale degli apparecchi.

Il refilling è certamente la tecnica più penalizzata, in quanto implica movimentazione e travasi di ingenti volumi di liquidi isolanti, con conseguenti rischi di incidenti nella manipolazione e il trasporto, con perdite nell'ambiente.

Le tecniche di dealogenazione on-site possono essere più versatili e sicure, in misura dipendente dalla configurazione tecnologica degli impianti, dal livello di automatizzazione dei sistemi di controllo dei processi, dalla presenza di servomeccanismi di intervento in caso di allarme, e dalla qualifica e esperienza degli operatori.

D.4.3 Rischio elettrico

I liquidi contenenti PCB si trovano tipicamente all'interno di apparecchi elettrici (es. trasformatori); è quindi preferibile eseguire gli interventi di decontaminazione sul loro luogo di installazione allo scopo di evitare rischi correlati al trasporto.Per tale motivo è frequente la presenza di rischi di tipo elettrico durante l'esecuzione degli interventi.

Per questa ragione il personale addetto alla conduzione degli interventi e degli impianti di decontaminazione deve essere in possesso di adeguata formazione e qualificazione nei confronti del rischio elettrico (CEI 50110, CEI 11-27).

- **E) CONCETTI GENERALI SULLA SCELTA DELLE MIGLIORI TECNICHE E TECNOLOGIE DI SETTORE**

Le attività previste sui trasformatori e apparecchiature elettriche con liquidi isolanti in esercizio devono essere conformi ai seguenti principi generali (Norma CEI 10-38):

- tecniche e procedure per la decontaminazione devono essere idoneamente validate e documentate, ovvero essere in grado di predire scientificamente la riduzione, eliminazione e/o decontaminazione dei composti e degli elementi indesiderati (PCB) sulle matrici specifiche, fino alla concentrazione limite prevista, senza indurre incidenze critiche e/o rischi irragionevoli;

- le operazioni di decontaminazione devono essere eseguite da operatori in possesso di risorse strumentali, esperienza, e capacità professionale documentate e commisurate al tipo di processo adottato. Il personale deve essere in possesso di specifica istruzione e formazione per la manipolazione di sostanze pericolose (PCB) e per il controllo degli altri rischi eventualmente presenti nell'esecuzione delle attività, tra i quali il rischio elettrico;

- le Imprese che svolgono attività di decontaminazione da PCB e di apparecchi contenenti PCB, nonché gli impianti mobili o fissi dei quali le stesse fanno uso, devono essere in possesso di tutte le autorizzazioni e/o iscrizioni previste dalla legislazione vigente;

- i valori guida per orientare la decontaminazione e/o bonifica di matrici ambientali coinvolte da perdite e/o emissioni di PCB (superfici, suolo) devono basarsi su criteri che soddisfino i requisititi della regola dell'arte adottati a livello internazionale per non determinare irragionevoli costi associati ai rischi obiettivi di esposizione.

- **E.1. Campo di applicazione e scenari operativi**

La scelta della miglior tecnica disponibile per le attività di decontaminazione è fortemente influenzata dallo scenario operativo e da fattori economici e funzionali legati all'apparecchiatura o al lotto di apparecchiature interessate nel processo. Il ***valore economico e funzionale*** di tali apparecchiature elettriche può essere così classificato con riferimento ad alcuni casi tipici:

a) **Valore Elevato Singolo,** quali trasformatori elettrici di potenza (ad esempio: 25 MVA, 132 kV, 62.000 kg peso totale, 15.000 kg peso olio, vita utile rimanente 15 anni, valore di sostituzione a nuovo: € 250.000,00) posti in centrali o stazioni elettriche anche ubicate in siti critici (ad esempio, nodi vitali della rete, centri urbani, etc.);

b) **Valore Medio Singolo**, quali trasformatori ed apparecchiature elettriche di media potenza operanti su servizi essenziali, quali i pubblici servizi;

c) **Valore Medio / Basso Singolo,** quali trasformatori elettrici da distribuzione (ad esempio: 250 kVA, 20 kV, 800 kg peso totale, peso olio 200 kg, vita termica utile 10 anni, valore di sostituzione a nuovo € 5.000,00), anche destinati ad alimentare carichi critici;

d) **Valore Basso Singolo / Alti Volumi,** quali trasformatori elettrici in esercizio da sottoporre a manutenzione e/o decontaminazione in un centro attrezzato;

e) **Valore Marginale Singolo / Alti Volumi:** trasformatori elettrici giunti a fine vita che sono da sottoporre a processi di decontaminazione in un centro attrezzato. Le tecniche da utilizzare sono quelle che consentono il più efficace e sicuro recupero dei metalli non ferrosi e ferrosi attraverso la decontaminazione con sistemi idonei e la minimizzazione del volume residuo di rifiuti da inviare a termodistruzione.

Nei precedenti casi da a) a c) è opportuno non movimentare il trasformatore che si vuole mantenere in esercizio dopo l'intervento di decontaminazione; in aggiunta nei casi a) e b) è necessario minimizzare i tempi del trattamento (pochi giorni) al fine di evitare le conseguenze legate a disalimentazioni elettriche. Nello scenario d) il Detentore può avvalersi di tecniche diverse in ragione dei molteplici casi possibili. Nei casi da a) a d) le operazioni di decontaminazione devono essere svolte nel rispetto delle Norme CEI 10-38. Nel caso e), le macchine in genere vengono inviate a termodistruzione; è auspicabile che nel tempo siano sempre più privilegiate tecniche alternative che consentano un più efficace recupero dei materiali attraverso una decontaminazione con sistemi idonei e la minimizzazione dei volumi residui di rifiuti da inviare a termodistruzione.

L'individuazione delle migliori tecniche disponibili per la decontaminazione da PCB delle apparecchiature elettriche è inoltre condizionata da fattori legati alla accessibilità, alla distanza ed ai ***fattori logistici*** legati all'intervento tra cui si individuano le seguenti casistiche:

a) **Logistica ad elevata criticità:** stazioni elettriche sotterranee, cabine poste in centri urbani e/o su costruzioni o complessi edilizi a diverse altezze;
b) **Logistica a media criticità**: stazioni o cabine nelle quali è impossibile accedere con grandi automezzi;
c) **Logistica a bassa criticità:** nessun vincolo particolare di accessibilià.

Un altro fattore chiave per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili per la decontaminazione da PCB di apparecchiature elettriche è l'***obiettivo*** che si vuole raggiungere che può essere diverso a seconda dei casi (decontaminazione trasformatore, smaltimento fine vita). In genere è auspicabile che tutti gli interventi di decontaminazione si pongano come obiettivo almeno la soglia di 50 mg/kg.

Il requisito"Obiettivo" può risultare più o meno critico a seconda delle condizioni iniziali di contaminazione da PCB dell'apparecchiatura elettrica. A titolo esemplificativo si possono indicare i seguenti livelli di criticità:

a) **Obiettivo ad altissima criticità**, quando la concentrazione iniziale di PCB nell'apparato è maggiore di 2.000 mg/kg (fino a 50.000) e si vuole conseguire una concentrazione finale, dopo le attività di decontaminazione, non superiore a 50 mg/kg;
b) **Obiettivo ad alta criticità:** quando la concentrazione iniziale di PCB nell'apparato non supera 2.000 mg/kg e si vuole conseguire una concentrazione finale, dopo le attività di decontaminazione, non superiore a 50 mg/kg;
c) **Obiettivo a media criticità:** quando la concentrazione iniziale di PCB nell'apparato non supera 500 mg/kg e si vuole conseguire una concentrazione finale, dopo le attività di decontaminazione, non superiore a 50 mg/kg;
d) **Obiettivo a bassa criticità**: quando la concentrazione iniziale di PCB nell'apparato è compresa tra 500 e 50 mg/kg e si vuole conseguire una concentrazione finale, dopo le attività di decontaminazione, non superiore a 50 mg/kg;

- **E.2 Individuazione delle migliori tecniche**

E.2.1 Strumenti di gestione ambientale
Personale
La responsabilità della gestione dell'impianto di stoccaggio deve essere affidata ad una persona competente; tutto il personale deve essere adeguatamente addestrato.

Gestione ambientale
Nella gestione dell'impianto di stoccaggio dovranno essere regolamentate le seguenti attività:
- definizione della ***Politica Ambientale*** dell'impianto;
- ***Pianificazione*** delle attività dell'impianto (identificazione degli *aspetti ambientali* e delle *prescrizioni legali e regolamentari* connessi con l'attività dell'impianto; definizione di *obiettivi, traguardi e programmi di gestione ambientale*);
- definizione delle modalità di ***Attuazione e Funzionamento*** del sistema di gestione dell'impianto (definizione della *struttura* organizzativa dell'impianto e delle *responsabilità* del personale; *formazione, sensibilizzazione* e sviluppo delle *competenze* degli addetti; modalità con cui gestire la *comunicazione* all'interno ed all'esterno dell'impianto; modalità di gestione della *documentazione* del sistema di gestione e suo *controllo*; modalità con cui viene effettuato il *controllo operativo* delle attività; definizione di procedure di *preparazione alle emergenze* e di *risposta* del personale alle anomalie);
- definizione delle modalità di ***Controllo*** della gestione dell'impianto e di attuazione delle ***Azioni Correttive*** derivanti dall'attività di controllo (programmazione della *sorveglianza* delle attività svolte e della *misurazione* dei parametri ambientali; gestione delle *non-conformità* rilevate e delle necessarie *azioni correttive e preventive*; modalità di tenuta delle *registrazioni* ambientali; programmazione degli *audit del sistema di gestione*);
- definizione delle modalità con cui la ***Direzione*** aziendale effettua il ***Riesame*** del sistema di gestione dell'impianto, finalizzato al ***Miglioramento continuo*** delle prestazioni ambientali dello stesso.

Certificazione
Le attività connesse con la gestione ambientale dell'impianto e le varie procedure operative che le regolamentano devono far parte di un apposito manuale di gestione al quale il gestore dell'impianto dovrà attenersi.
E' necessario promuovere le attività relative all'adozione di sistemi di gestione per la qualità certificati ISO 9001-2000 e soprattutto nel progetto di progressiva adesione ai requisiti ambientali ISO 14001 ed al sistema EMAS.

Comunicazione e consapevolezza pubblica
Sono da prevedere, progetti di comunicazione periodica di rapporti ambientali, l'apertura degli impianti per le visite del pubblico, la diffusione periodica dei dati sulla gestione dell'impianto.

E.2.1.1 Mezzi di protezione individuale per gli Operatori

In conformità alle disposizioni in materia di sicurezza, durante le attività di decontaminazione e manipolazione in genere di apparecchiature e liquidi isolanti contenenti PCB, devono essere adottati opportuni dispositivi di protezione individuale.

Il tipo di dispositivo di protezione deve essere scelto in funzione dei rischi connessi con l'attività da

eseguire e dei rischi presenti sul sito e/o connessi con altre lavorazioni eventualmente presenti.

Se esistono rischi di contatto con liquido isolante o superfici contaminate devono essere utilizzati guanti impermeabili, occhiali o visiere di protezione, tute o grembiali di protezione impermeabili, come indicato nella guida CEI EN 50225:1997-12.

Durante le normali operazioni di manutenzione, eliminazione di perdite o travasi di liquido isolante non sono necessari dispositivi di protezione respiratoria, in quanto la tensione di vapore del PCB, a temperatura ambiente, è molto bassa.

Idonei dispositivi di protezione respiratoria devono essere adottati in presenza di PCB, nei seguenti casi particolari:

- possibile inalazione di gas prodotti da arco elettrico;
- possibile contatto con prodotti di degradazione del PCB in caso di incendio;
- presenza di PCB nebulizzato in seguito a perdite;
- presenza di PCB in spazi ridotti e confinati;
- presenza di solventi utilizzati per pulizia e lavaggio;
- presenza di acido cloridrico (HCl).

Nota 1 *Il personale deve essere idoneamente addestrato per l'uso dei dispositivi di protezione respiratoria; le operazioni eseguite con l'uso di autorespiratori devono essere supervisionate da personale esperto in grado di prestare soccorso in caso di incidente.*

E.2.1.2 Prescrizioni per gli Operatori (ex D.4.2)

Le operazioni di ispezione, campionamento dei liquidi isolanti, trattamento e decontaminazione devono essere affidate a operatori qualificati e a personale esperto e idoneamente formato ed istruito.

Il personale deve essere in possesso di specifica istruzione ed esperienza non solo per quanto riguarda la manipolazione di sostanze pericolose (PCB) ma anche per quanto riguarda gli altri rischi eventualmente presenti nell'esecuzione dell'attività, tra cui il rischio elettrico.

Le attività di prova devono essere affidate a laboratori di provata esperienza e competenza nel settore specifico ed operanti secondo i migliori requisiti di qualità (UNI CEI EN ISO/IEC 17025-2000; UNI EN ISO 9001-2000).

Le operazioni di decontaminazione devono essere eseguite da operatori in possesso di risorse strumentali, esperienza, e capacità professionale documentate e commisurate al tipo di processo adottato. Il personale deve essere in possesso di specifica istruzione e formazione per la manipolazione di sostanze pericolose (PCB) e per il controllo degli altri rischi eventualmente presenti nell'esecuzione delle attività, tra i quali il rischio elettrico.

Le imprese che svolgono attività di decontaminazione dei PCB e di apparecchi contenenti PCB, nonché gli impianti mobili o fissi dei quali le stesse fanno uso, devono essere in possesso di tutte le autorizzazioni e/o iscrizioni previste dalla legislazione vigente.

E' necessario preliminarmente individuare le principali sorgenti di rumori e vibrazioni (comprese sorgenti casuali) e le più vicine posizioni sensibili al rumore. Al fine di limitare i rumori è necessario acquisire, per ogni sorgente principale di rumore, le seguenti informazioni :

- posizione della macchina nella planimetria dell'impianto
- funzionamento (continuo, intermittente, fisso o mobile)
- ore di funzionamento
- tipo di rumore
- contributo al rumore complessivo dell'ambiente

E' anche necessario eseguire campagne di misure e mappare i livelli di rumore nell'ambiente.
Dopo l'acquisizione di tutte le informazioni necessarie vanno individuati i provvedimenti da attuare. Tutte le macchine devono essere messe a norma e devono essere dotate di sistemi di abbattimento dei rumori, in particolare i trituratori primari. I livelli sonori medi sulle 8 ore del turno lavorativo non devono superare gli 80 dB misurate alla quota di 1,6 m dal suolo e a distanza di 1 m da ogni apparecchiatura.
Le macchine che superano i limiti previsti dalle norme devono essere insonorizzate. All'esterno dei capannoni devono essere verificati livelli di rumore inferiori a quelli ammessi dalla zonizzazione comunale, normalmente inferiori a 60 dB.

- **E.3 Valutazione comparativa generale**

Una valutazione comparativa tra le diverse tecnologie disponibili per la decontaminazione da PCB viene proposta sulla base dei seguenti fattori:

e) sicurezza dei lavoratori;
f) sicurezza ambientale;
g) sicurezza funzionale;
h) ecobilancio ed emissioni;
i) rapporto costo/beneficio.

Tabella E3 - Matrice decisionale per diverse tecniche disponibili

TECNICHE	Sicurezza funzionale	Sicurezza ambientale	Sicurezza lavoratori	Ecobilancio ed emissioni	Rapporto globale costo/beneficio
Refilling	***	**	***	*	**
Sodio, litio e derivati	*	*	*	**	*
KPEG	**	***	***	**	**
Continuo a ciclo chiuso (CDP)	***	***	***	****	****

****** = OTTIMO *** = BUONO; ** = MEDIO; * = CRITICO**

Sulla base di quanto esposto nelle presenti Linee Guida ed in relazione ai diversi scenari operativi analizzati si può inoltre indicare che le migliori Tecniche Disponibili (BAT) risultano:

a) **per trasformatori o apparecchiature "*in esercizio*" contaminate da PCB**: la dealogenazione in continuo a circuito chiuso;

b) **per trasformatori o apparecchiature elettriche contaminate da PCB "*a fine vita*"**: la dealogenazione in continuo a circuito chiuso o processi chimici (KPEG o al sodio, litio e derivati) utilizzati in centri fissi attrezzati;

c) **per trasformatori o apparecchiature elettriche "*in esercizio*" isolate in PCB**: sostituzione dell'olio (refilling) integrata dalla successiva dealogenazione in continuo a circuito chiuso. Tale opzione deve essere attentamente preventivamente valutata in termini di un accurato progetto di fattibilità con analisi costi / benefici;

d) **per trasformatori o apparecchiature elettriche "*a fine vita*" isolate in PCB**: decontaminazione con integrazione di processi di recupero dei materiali solidi costituenti la macchina.

- **F) IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DI TALI TECNICHE**

Qualora l'apparato elettrico contaminato da PCB risulti "*a fine vita operativa*" e ne è richiesto lo smaltimento, nella comunità dei casi si ricorre alla termodistruzione. In questo caso, le più alte precauzioni devono essere adottate affinché l'originario Detentore abbia le dovute garanzie circa l'effettiva eliminazione del rifiuto e, a tal fine, è raccomandata la richiesta agli Operatori autorizzati di rilasciare schede individuali relative all'esito di ogni unità funzionale.

Sempre per apparati "*a fine vita operativa*", sono note e/o disponibili tecniche alternative alla termodistruzione che permettono la decontaminazione del fluido isolante e un più efficace recupero di materiali.

- **F.1 La tecnologia LTR2 per riciclare le apparecchiature elettriche contenenti PCB**

La tecnologia LTR2 (Low Temperature Rinsing and Re-Use/Recovery) è stata sviluppata dall'ABB basandosi sul suo know-how di un grande costruttore di apparecchiature elettriche a livello mondiale. Le singole fasi del processo vengono adattate di volta in volta alle specificità delle apparecchiature da decontaminare. Nello schema fornito sono presentate, come esempio, le fasi di decontaminazione di un trasformatore fortemente contaminatola PCB (contenuto di PCB > 100.000 ppm).

L'olio contenente PCB, drenato dal trasformatore, viene avviato ad incenerimento per la distruzione finale. Il secondo passaggio del ciclo avviene all'interno di camere chiuse ermeticamente, dove i trasformatori vengono puliti dai PCB usando un solvente ad alta solubilità. Il solvente viene fatto passare attraverso l'intero volume del trasformatore più volte finché non viene raggiunto il grado di decontaminazione richiesto (< 2ppm). Il solvente viene quindi drenato e il trasformatore viene asciugato. Usando le camere di lavaggio in modalità a cascata, si ottimizza l'uso del solvente. Incrementare la temperatura del solvente, inoltre, migliora i risultati, in particolare ne migliora la penetrazione fra le intercapedini. La qualità del processo di pulizia è continuamente controllata da sensori situati nel flusso di solvente in uscita da ogni camera di lavaggio.La successiva estrazione di

PCB dalla parte attiva del trasformatore dipende dalla sua diffusione e quindi dal tempo di trattamento.

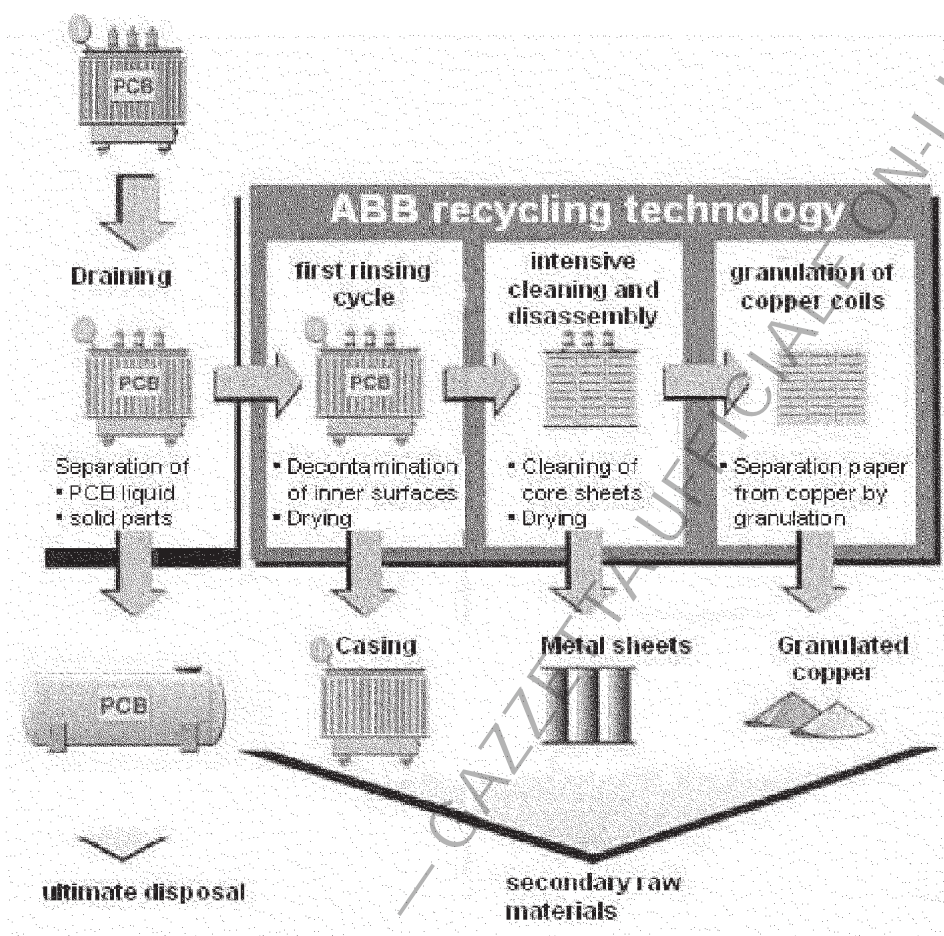
La seconda fase della decontaminazione consiste in un progressivo disassemblaggio. Il nucleo di metallo, i sistemi di fissaggio, gli isolatori di ceramica, le bobine e il legno sono separati; la cassa e il coperchio del trasformatore sono pronti per la fase di fusione

Il nucleo di metallo, i sistemi di fissaggio e gli isolatori di ceramica sono purificati intensivamente, con solvente a temperatura maggiore di quella ambiente, in una "macchina di lavaggio" e successivamente asciugati. Regolarmente vengono presi dei campioni dalle parti pulite. Analisi eseguite in laboratori indipendenti e autorizzati verificano e confermano la qualità del processo di lavaggio.

Il nucleo di metallo decontaminato è riutilizzato dai produttori di piccoli trasformatori a basso voltaggio. I sistemi di fissaggio sono suddivisi a seconda del materiale e sono mandati alla fusione. Gli isolatori di ceramica sono riutilizzati nella costruzione di strade

Nell'ultimo passaggio, le bobine sono frantumate al fine di separare il rame dalla carta. Si ottengono così da una parte rame non contaminato da PCB e dall'altra pezzetti di carta contaminati.

La carta e il legno altamente contaminati, che ammontano a circa il 4% del peso totale del trasformatore, possono essere riciclati termicamente.

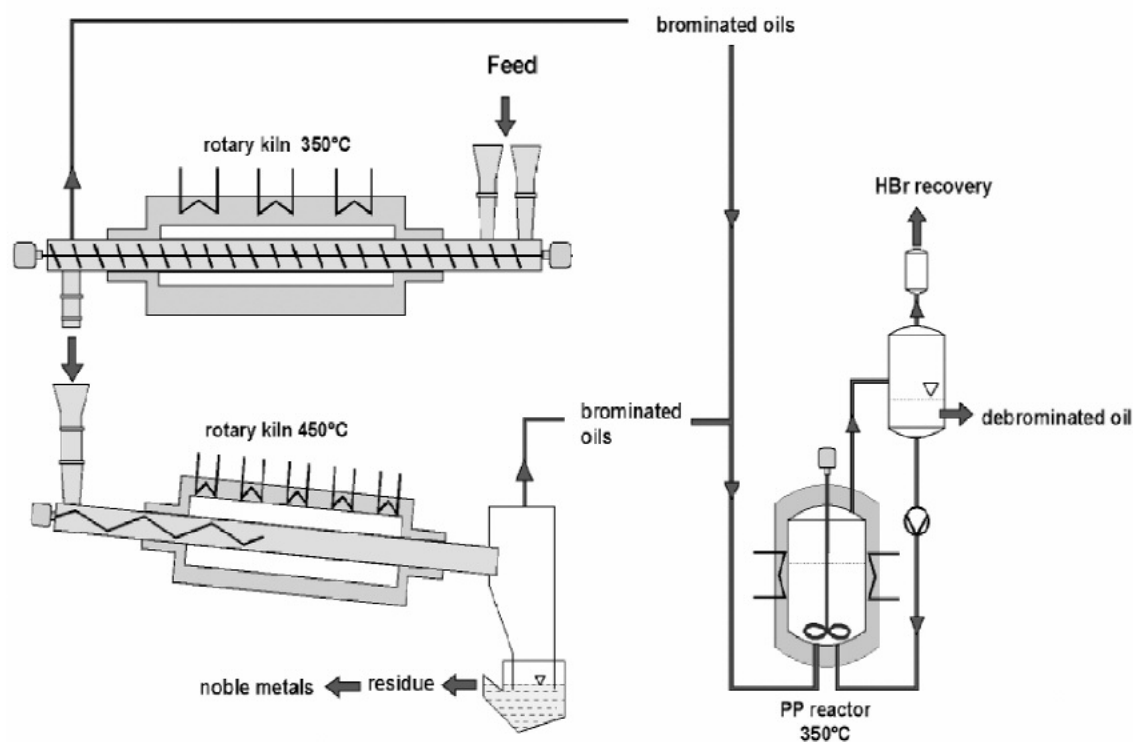
Con tale tecnologia i trasformatori contaminati da PCB possono essere riciclati fino al 95% del peso del trasformatore. Il residuo di contaminazione da PCB sulle materie seconde ottenute è inferiore a 2 ppm. Il solvente è trattato in un ciclo completamente chiuso in modo da evitare le emissioni, ed è recuperato per il riutilizzo tramite distillazione continua.

Schema F1 - Processo LTR2 di riciclaggio di un trasformatore contaminato da PCB con concentrazione maggiore di 100.000.

- **F2 Processo “HALOCLEAN” con recupero di metalli nobili e strageci e materiali da apparecchiature elettriche ed elettroniche (WEEE)**

Il processo Haloclean è stato implementato per affrontare e contenere la problematica della produzione di rifiuti. La ricerca per lo sviluppo di un tale processo è stata supportata dalla Commissione Europea a partire dal 1999 con l’obiettivo di arrivare a svilupparne un prototipo in Germania e/o Italia (capacità di trattamento di 400/ora) entro l’anno 2005.

Il processo Haloclean mira a fornire una risposta industriale alla attuazione delle Direttive Europee 2002/95/CE *sulla restrizione d’uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche* e 2002/96/CE *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*

Haloclean è un brevetto della Sea Marconi (a livello internazionale il PCT WO 02/50484 A1, in Europa CEE 01271523/CE, etc.).

Haloclean è un metodo innovativo di trattamento dei rifiuti elettrici ed elettronici (WEEE) e di materiali polimerici in grado di decontaminarli dal PCB e permettere nel contempo il recupero di metalli nobili (oro, argento, palladio, etc.), altri metalli non ferrosi (rame, alluminio, etc.), materiali ed energia pulita. Il processo è basato su una pirolisi controllata a bassa temperatura (350-500°C).

Schema F2 – Schema di principio del processo HALOCLEAN.

- **F3 Processi di idrogenazione catalitica**

Un processo molto vantaggioso per la distruzione dei composti clorurati è la idrogenazione catalitica in ambiente riducente di idrogeno ed in presenza di un catalizzatore resistente ai cloruri in quanto non dà origine alla formazione di specie ossigenate come diossine, furani, ossidi di zolfo e di azoto. Il calore sviluppato nella reazione esotermica viene asportato ed in parte riutilizzato per preriscaldare la corrente in ingresso.

L'acido cloridrico, formatosi durante la reazione, viene abbattuto con produzione di un refluo acquoso acido. Le tracce di acido, non bloccate in tale sezione vengono eliminate in una successiva sezione di neutralizzazione, con produzione di una soluzione acquosa e di una fase idrocarburica. L'idrogeno in eccesso, che non ha reagito, può essere riciclato nella corrente in ingresso al reattore. Nelle linee generali i processi di idrogenazione catalitica seguono tutti questo schema.

Due di queste tecnologie hanno avuto sviluppo industriale, una creata dalla KTI conosciuta come Processo Chioroff, l'altra messa a punto da Manion.

La idrodeclorazione dei PCB nel Processo Chioroff avviene alle alte pressioni di 50-60 bar e alla temperatura di 250-300°C, in presenza di un catalizzatore, mentre nel processo di idrogenazione di Manion la reazione avviene a pressione più bassa e a temperatura più alta (circa 900°C), impiegando un catalizzatore simile a quello del processo precedente.

Entrambi i processi si sono rivelati efficaci, raggiungendo efficienze di distruzione e rimozione del 99, 9% per i PCB.
I due processi presentano però i seguenti elementi critici: richiedono entrambi catalizzatori, ed inoltre il Processo Chioroff, impiegando reattori ad alta pressione, ha associati rischi dovuti ad esplosioni. Presentano inoltre una certa complessità impiantistica, che comporta elevati costi d'investimento

- **F.4 Fotodistruzione di policlorobifenili mediante laser ad eccimeri**

L'uso corrente di idrocarburi alogenati, in particolare clorurati, nell'industria chimica e la diffusione di loro derivati alifatici ed aromatici in vari settori industriali ha dato origine al problema di un soddisfacente smaltimento di questi materiali che non risulti dannoso per l'ambiente. Tra le specie aromatiche più inquinanti si annoverano i policlorobenzeni e i policlorobifenili (PCB); in particolre questi ultimi sono eccellenti dielettrici utilizzati nei trasformatori industriali, e per la loro inerzia chimica spesso sono utilizzati come additivi a materiali di rivestimento.
I PCB sono una famiglia di composti in cui un numero variabile da 1 a 10 atomi di cloro sostituisce gli idrogeni sui due anelli aromatici del bifenile. Poiché specie diverse possono essere originate nella clorurazione secondo la posizione di attacco degli atomi di cloro, la famiglia dei PCB è costituita da 209 composti diversi. I PCB prodotti industrialmente sono identificati con nomi commerciali e sigle che ne indicano il contenuto medio percentuale in cloro, e sono identificati con il nome di Aroclor. Questi composti si ritrovano sovente negli scarti industriali, sia puri che misti ad olii di scarico.
La distruzione dei PCB per via termica può portare più problemi che vantaggi; infatti una non corretta combustione può portare alla formazione di prodotti di combustione come policlorobenzofurani e policlorobenzodiossine, che risultano più tossici dei PCB stessi.

I trattamenti biologici dei PCB possono portare alla formazione di altri composti clorurati, come gli acidi clorobenzoici, che risultano essere più stabili di quelli precedenti. Inoltre i PCB più pesanti (con alto numero di atomi di cloro) non sembrano facilmente attaccabili dai batteri.
In alternativa ai processi termici e biologici, che presentano tutte le problematiche esposte, esistono processi di distruzione dei PCB basati su trattamenti fotochimici via laser UV Questo processo è possibile grazie alla monocromaticità e l'accordabilità della radiazione del dispositivo laser (tipicamente laser ad eccimeri), che permette di eccitare selettivamente legami chimici e guidare la dissociazione verso la formazione di prodotti non inquinanti.
Gli esperimenti di fotodistruzione dei PCB, diluiti in soluzione di metanolo e n-esano, hanno mostrato che la radiazione del laser a KrF è efficace per la loro fotodistruzione. Infatti gli idrocarburi aromatici derivanti dal benzene e dal bifenile presentano la banda di assorbimento $\pi \rightarrow \pi^*$ piccata rispettivamente a 254 nm e 249 nm, e quindi vicino alla lunghezza d'onda d'emissione del laser a KrF (248 nm).
Gli esperimenti eseguiti con l'Aroclor 1254 hanno mostrato che la fotodissociazione comporta l'assorbimento di un solo fotone UV per molecola con conseguente rottura sia del legame C-Cl (86-97 Kcal/mol) che del legame C-C bifenilico (116 Kcal/mol); in questo modo il PCB risulta distrutto e la concentrazione di esso rimasta risulta inferiore al limite di rilevabilità dello strumento misuratore.
Inoltre in questi esperimenti, in seguito all'irraggiamento con il laser a KrF, i campioni sono stati sottoposti ad analisi gas cromatografiche per analizzare i prodotti dell'irraggiamento; infatti, le specie ossidate formate, se da una parte possono provenire da prodotti di fotoframmentazione più piccoli del PCB originario, dall'altra possono anche essere grosse molecole ad anelli condensati quali le policlorodiossine ed i policlorofurani. Dall'analisi dei gas cromatogrammi dei campioni in n-esano, prima e dopo l'irraggiamento con KrF, è risultato che:
Si ha la distruzione della miscela di policlorobifenili
Non si hanno evidenze sui cromatogrammi della formazione di specie pesanti come policlorobenzodiossine e policlorodibenzofurani.
Si formano soltanto specie non clorurate più leggere.
Il processo di distruzione, inoltre, avviene anche in tempi rapidi; con una energia del laser di 40 mJ (non focalizzata) è stato misurato un tempo di dimezzamento di 5 minuti per una soluzione di 0,2 g/l.
Quindi attraverso questa tecnica di fotodistruzione si è riuscito a guidare la dissociazione verso la formazione di prodotti non inquinanti. Questa tecnica, inoltre, presenta anche dei vantaggi legati alle peculiari caratteristiche della radiazione laser, come la sua direzionalità e coerenza che permettono la possibilità di trattamenti remoti in ambienti ostili. Inoltre, essendo questo un processo tipicamente ad un fotone, è possibile utilizzare semplici lampade UV efficienti intorno a 250 nm, ed operanti o in regime continuo o ad alta frequenza di ripetizione, per decontaminare rifiuti contenenti PCB.
Questa tecnica, quindi, permette di trattare gas di scarico ed effluenti, e si pone come valida alternativa alle camere di post-combustione nel trattamento finale di scarichi di inceneritori.

- **G) DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI**

- **G.1 La definizione di BAT**

G.1.1 La direttiva 96/61/CE

La direttiva 96/61/CE ("Direttiva IPPC") definisce le "***migliori tecniche disponibili***" come:*"la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso".*

A tale scopo occorre tenere presente le seguenti definizioni:

- *"tecniche"*, si intende sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- *"migliori"*, qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;
- *"disponibili"*, qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli.

G.1.2 Impatto ambientale e rischi

Le tecniche individuate devono minimizzare l'impatto dell'impianto sull'ambiente relativo a tutte le matrici interessate (acqua, aria, suolo) e sulla salute umana, nel rispetto degli specifici requisiti stabiliti dalla normativa vigente. La sicurezza dei lavoratori deve essere tutelata, in accordo alla vigente normativa.

G.1.3 Fattibilità tecnico-economica

Le tecniche prescelte devono essere affidabili e deve essere garantita la qualità dei sistemi e delle apparecchiature utilizzate. I costi di investimento, esercizio e manutenzione devono essere sostenibili. Le analisi costi-benefici devono aver dato prova positiva.

G.1.4 Processo decisionale per l'individuazione delle BAT

Per l'individuazione di una BAT occorre mettere in atto un processo decisionale che sulla base dei dati disponibili sulla tecnica in esame e delle specifica applicazione, tenuto conto dei fattori locali e degli aspetti summenzionati possa portare ad una valutazione della sua applicabilità.

- **G.2 Criteri di individuazione delle BAT**

Considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle migliori tecniche disponibili, tenuto conto dei costi e dei benefici che possono risultare da un'azione e del principio di precauzione e prevenzione.

G.2.1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti

Le tecniche adottate nei i processi di trattamento devono limitare la produzione di rifiuti ed in particolare di quelli non recuperabili.

Inoltre devono essere affrontate le problematiche legate allo stoccaggio, carico, trasporto e scarico dei rifiuti prodotti.

G.2.2 Impiego di sostanze meno pericolose

Nella progettazione dell'impianto e nella sua conduzione deve essere previsto l'impiego di sostanze e materiali selezionati secondo i criteri della minore pericolosità e del minore consumo.

- **G.3 Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale**

Le tecniche individuate devono garantire prestazioni e livelli di esercizio verificati sulla base di applicazioni di successo su scala industriale.
L'impianto deve garantire elevata disponibilità e affidabilità di esercizio.
E' importante la molteplicità di fornitori e la disponibilità sul mercato di ricambi, materiali e reagenti necessari per l'esercizio e per le manutenzioni.
Le tecniche adottate devono essere compatibili con le condizioni locali (ambientali, climatiche, geografiche, socio-economiche).

- **G.4 Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico**

Le tecniche devono essere scelte alla luce delle evoluzioni in campo scientifico e dei relativi progressi tecnici conseguiti nel settore del trattamento dei rifiuti.
Qualsiasi tecnica deve dimostrare anche la capacità di evolvere ed essere in grado di adattarsi a nuove soluzioni e condizioni.

- **G.5 Natura, effetti e volume delle emissioni**

La valutazione degli effetti delle emissioni deve tenere conto della situazione al contorno (piani di qualità dell'aria e dell'acqua, piani territoriali e urbanistici, ecc.)
Devono essere utilizzate le tecniche più avanzate per la misurazione delle emissioni e dei parametri di processo, nel rispetto dei requisiti minimi prescritti dalla normativa.

- **G.6 Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti**

Sono da considerare la vita media di un impianto e la sua capacità produttiva nel tempo.

- **G.7 Tempo richiesto per l'adozione di una migliore tecnica disponibile**

Nel settore del trattamento dei rifiuti, la variabilità e complessità dei materiali da trattare richiedono l'attenta sperimentazione e la verifica sul campo di qualsiasi nuova tecnica proposta.
Gli investimenti necessari possono essere notevoli; molto spesso il passaggio dalla sperimentazione alla realizzazione industriale è un processo lento e costoso che può richiedere anni.

- **G.8 Consumo di risorse**

Le tecniche selezionate devono essere finalizzate alla minimizzazione dei consumi di acqua, materie prime, energia; devono inoltre prediligere l'impiego di sostanze e materiali la cui produzione è, a sua volta, causa di un ridotto impatto ambientale e minimi consumi energetici.
In questa valutazione può risultare utile l'impiego di sistemi di analisi del ciclo di vita (LCA).
Le tecniche prescelte devono utilizzare apparecchiature a basso consumo di energia.

- **G.9 Prevenzione e riduzione dell'impatto globale sull'ambiente**

E' necessario minimizzare l'impatto delle emissioni in aria e in acqua, tenendo conto della specifica realtà territoriale in cui è insediato l'impianto. L'impatto globale deve essere valutato nell'ambito di piani locali della qualità dell'aria e delle acque.
Sono richieste tecniche di misurazione di elevata qualità per il monitoraggio in continuo dei parametri operativi dell'impianto e delle emissioni.

- **G.10 Prevenzione degli incidenti e minimizzazione degli effetti**

Le tecniche adottate devono considerare la possibilità di incidenti, guasti e malfunzionamenti degli impianti e prevenirne o limitarne le conseguenze. In caso di guasto improvviso o di mancanza di

alimentazione, le apparecchiature devono portarsi autonomamente in condizioni di massima sicurezza.
Le tecniche prescelte devono prevedere tutte le misure per fronteggiare qualsiasi condizione anomala di esercizio.Deve essere previsto un idoneo sistema antincendio.
La responsabilità della gestione dell'impianto va affidata a persone competenti e il personale deve essere adeguatamente addestrato.

GLOSSARIO-ABBREVIAZIONI-ACRONIMI

BAT = **B**est **A**vailable **T**echniques

BRefs = **B**est Available Techniques **Ref**erence documents

Apparecchi contenenti PCB = qualsiasi apparecchio che contiene o è servito a contenere PCB e che non ha costituito oggetto di decontaminazione

PCB = a) Policlorobifenili; b) Policlorotrifenili; c) Monometiltetraclorodifenilmetano, Monometildiclorodifenilmetano, Monometiltetrabromodifenilmetano; d) ogni miscela che presenti una concentrazione complessiva delle suddette sostanze superiore allo 0,005% in peso.

PCB usati = qualsiasi PCB considerato rifiuto ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22 e successive modificazioni ed integrazioni

PCT = Policlorotrifenili

Trafo = trasformatore

MT/BT = media tensione/bassa tensione

AT/MT = alta tensione/media tensione

TCDD = tetraclorodibenzodiossina

TCDF = tetraclorodibenzofurano

WEEE = rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

5 Gestione dei rifiuti

(Impianti di incenerimento)

PREMESSA

Il presente documento riporta le risultanze del lavoro del Gruppo Tecnico Ristretto (GTR) sulla gestione dei rifiuti, istituito dalla Commissione Nazionale ex art. 3 comma 2 del DLgs 372/99, nell'ambito delle attività inerenti la redazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
Il GTR risulta così costituito:

- dott.ssa Rosanna Laraia (APAT, coordinatore), designata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Fabrizio De Poli (MATT), designato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Marco Di Basilio (ISPESL) e dott.ssa Loredana Musmeci (ISS), designati dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Di Masi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Guido Morini e dott. Paolo Cesco designati da Confindustria
- dott. Antonio Stifanelli designato da Federambiente (componente successivamente integrato nel Gruppo a seguito della richiesta formulata dal coordinatore del GTR).

Il documento è stato elaborato nell'ambito del sottogruppo "Impianti di incenerimento" al quale hanno partecipato, oltre alla dott.ssa Rosanna Laraia, coordinatore del GTR i seguenti esperti:

- ing. Pasquale De Stefanis (ENEA)
- dott. Federico Foschini (APAT).

INDICE

E.2.4 Trattamento dei rifiuti pericolosi

E.2.5 Trattamento dei fanghi di depurazione

E.2.6 Trattamento di rifiuti sanitari

E.2.7 Distruzione di rifiuti contenenti PCB tramite incenerimento

E.2.8 Tecniche e tecnologie di recupero energetico

E.2.9 Trattamento dei fumi e controllo delle emissioni

E.2.10 Tecniche di trattamento e controllo delle acque reflue

E.2.11 Gestione e trattamento dei residui solidi

E.2.12 Tecniche di monitoraggio e controllo delle emissioni

E.3 Aspetti ambientali

E.3.1 Consumi di energia e risorse

E.3.2 Emissioni, reflui, scarichi termici, rumore e vibrazioni

E.3.3 Produzione di residui

E.4 Migliori tecniche e tecnologie

F) Approfondimento, ove necessario, delle tecniche analizzate nei BREF comunitari e definizione, ove possibile, del range di prestazione delle diverse tecniche

F.1 Analisi delle possibili BAT

F.1.1 Gestione dei materiali in ingresso ed in uscita

F.1.2 Trattamento termico tecnologie di combustione

F.1.3 Scambio termico e recupero energetico

F.1.4 Trattamento dei fumi

F.1.5 Trattamento delle acque di processo

F.1.6 Trattamento dei residui solidi

F.2 Condizioni operative e prestazioni

G) Identificazione di eventuali tecniche alternative e definizione, ove possibile, del range di prestazione di tali tecniche

G.1 Processi e tecnologie alternativi

G.1.1 Gassificazione

G.1.2 Pirolisi

G.1.3 Le tecnologie basate su processi combinati

G.1.4 Il recupero energetico tramite gassificazione e pirolisi

G.2 Altre tecnologie in fase di sviluppo per applicazioni particolari

G.2.1 Combustione con aria arricchita o ossigeno puro

G.2.2 Processi all'arco-plasma

G.3 Trattamento termico di rifiuti integrato in impianti di produzione di energia

H) Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria) della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

H.1 Gestione dei rifiuti in ingresso

H.1.1 Modalità di raccolta

H.1.2 Controllo dei rifiuti in ingresso

H.1.3 Stoccaggio

H.2 Trattamento termico

H.2.1 Forni a griglia

H.2.2 Forni a letto fluido

H.2.3 Forni a tamburo rotante

H.2.4 Altri processi e tecnologie

H.2.5 Tecniche per migliorare le prestazioni delle apparecchiature di combustione

H.3 Recupero energetico

H.3.1 Generatore di vapore

H.3.2 Turbogruppo e circuito vapore

H.3.3 Ottimizzazione dei livelli di recupero energetico (vedi anche punto F.1.3)

H.4 Trattamento fumi e controllo emissioni

H.4.1 Emissioni puntiformi in aria

H.4.2 Emissioni diffuse in aria

H.4.3 Odori

H.5 Trattamento delle acque reflue

H.5.1 Trattamento acque

H.5.2 Protezione della falda

H.6 Gestione dei residui solidi

H.6.1 Movimentazione e stoccaggio

H.6.2 Smaltimento e recupero

H.6.3 Trattamento dei residui solidi

H.7 Impiego di risorse

H.7.1 Materie prime

H.7.2 Energia

H.8 Rumore

H.8.1 Modalità di controllo

H.9 Strumenti di gestione ambientale

H.9.1 Migliori tecniche di gestione degli impianti di incenerimento dei rifiuti

H.9.2 Programma di sorveglianza e controllo (PSC)

H.9.3 Personale

H.9.4 Benchmarking

H.9.5 Certificazione

H.9.6 Sistemi di supervisione e controllo

H.10 Monitoraggio

H.11 Comunicazione e consapevolezza pubblica

H.12 Aspetti di pianificazione e gestione

H.12.1 Ubicazione dell'impianto

H.12.2 Potenzialità dell'impianto

H.12.3 Bacino di utenza

H.12.4 Trasporti e collegamento al sistema viario

I) ANALISI DELL'APPLICABILITÀ AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE AL PUNTO PRECEDENTE, ANCHE CON RIFERIMENTO AI TEMPI DI ATTUAZIONE

I.1 Applicazione delle BAT

I.1.1 Le dimensioni dell'impianto

I.1.2 L'età dell'impianto

I.1.3 L'ubicazione e il contesto locale

I.1.4 La tipologia di rifiuti trattati

I.1.5 Presenza di vincoli di carattere tecnico

I.1.6 La legislazione a livello nazionale e regionale

I.2 Interventi per l'applicazione delle BAT

I.2.1 Interventi di carattere operativo-gestionale

I.2.2 Interventi ristrutturativi

I.2.3 Adozione di piano di gestione operativa

I.2.4 Adozione di un programma di sorveglianza e controllo

I.2.5 Benchmarking

I.2.6 Certificazione

I.2.7 Comunicazione e consapevolezza pubblica

J) FATTIBILITÀ ECONOMICA DELLE TECNICHE ELENCATE ANALIZZATA ATTRAVERSO L'ANALISI DEI COSTI BENEFICI

J.1 Considerazioni economiche di carattere generale sugli impianti di incenerimento

J.1.1 Costi unitari di investimento

J.1.2 Costi di gestione

K) DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

K.1 La definizione e l'applicazione delle BAT

K.1.1 La direttiva 96/61/CE

K.1.2 Impatto ambientale e rischi

K.1.3 Fattibilità tecnico-economica

K.1.4 Processo decisionale per l'individuazione delle BAT

K.2 Criteri di individuazione delle BAT

K.2.1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti

K.2.2 Impiego di sostanze meno pericolose

K.2.3 Tecniche per il recupero/riciclo delle correnti in uscita al processo e dei rifiuti

K.2.4 Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale

K.2.5 Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico

K.2.6 Natura, effetti e volume delle emissioni

K.2.7 Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti

A) SCOPI ED OBIETTIVI

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come "IPPC"), per la redazione di linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD) meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.
A livello comunitario la Commissione Europea (CE) ha istituito da tempo, ai fini dell'attuazione della suddetta direttiva, un apposito "ufficio IPPC" (European IPPC Bureau, EIPPCB) con sede presso il Centro Comunitario di Ricerche di Siviglia (Joint Research Centre). L'ufficio in questione coordina una serie di gruppi tecnici cui spetta il compito di redigere dei documenti di riferimento per l'individuazione delle BAT, i cosiddetti "**B**est Available Techniques **Ref**erence documents", (BRefs).
Nel presente documento sono riportati i risultati dei lavori del GTR "Incenerimento dei rifiuti".
Nel corso dei vari capitoli in cui è articolato, si farà ripetutamente riferimento al relativo BRef comunitario "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration" (BREF on Waste Incineration) che è disponibile sul sito dell'EIPPCB (http://eippcb.jrc.es) come documento definitivo, dopo una elaborazione di 3 anni, terminata nel Luglio 2005.
Scopo principale del presente documento è quello di costituire un riferimento sulle conoscenze tecniche e tecnologiche del settore specifico, che possa essere di aiuto sia all'operatore in sede di presentazione della domanda di autorizzazione integrata ambientale, sia all'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare la relativa autorizzazione.
A tale fine si è cercato di fornire:

- Un quadro quanto più esaustivo dello stato attuale e delle prospettive riguardo ai processi ed alle tecnologie di incenerimento di rifiuti, includendo in tale accezione non solo i rifiuti urbani (RU), ma anche i rifiuti speciali (RS) e pericolosi (RP) di origine commerciale o industriale, nonché specifiche categorie che richiedono particolare cautele per il loro trattamento (rifiuti sanitari, fanghi da depurazione acque reflue, scarti di origine animale);
- Una sintesi dei lavori svolti a livello europeo;
- Informazioni riguardo agli attuali livelli di emissioni ed ai consumi di risorse (materie prime ed energia) del settore;
- Alcune linee guida su possibili tecniche che possono costituire BAT di riferimento a livello nazionale, tenuto conto della specifica situazione del settore in Italia.

Sulla definizione delle BAT, in particolare, si intende qui evidenziare (argomento che sarà discusso più in dettaglio in seguito) che la loro applicabilità non può risultare di carattere generale, essendo fortemente influenzata dalla tipologia di rifiuti trattati e, soprattutto, dalla condizioni locali nel quale lo specifico impianto è o dovrà essere installato.
A questo riguardo di particolare rilevanza risulta essere l'aspetto relativo all'analisi costi-benefici delle BAT individuate, che assume un significato molto ampio che deve includere i costi ed i benefici sia per gli Operatori che per la collettività.
La fattibilità economica sia in sede di definizione che di valutazione, deve essere effettuata

caso per caso, in quanto essa non può prescindere da fattori locali (ambientali, gestionali, territoriali, economici e sociali) riguardanti sia l'azienda (es.: dimensioni ed età dell'impianto) che la presenza o meno sul territorio interessato di servizi, infrastrutture o problematiche particolari che possono influenzare in maniera notevole la quantificazione di oneri e benefici (di tutti) e quindi, in ultima analisi, le scelte di carattere tecnico-gestionale dell'azienda.
Nello spirito di "linea guida" si ritiene che nel presente documento possano essere fornite a riguardo solo indicazioni di carattere generale, che dovranno essere oggetto di verifica quantitativa di dettaglio a livello di singolo impianto, inserito in una specifica realtà locale.

B) IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE RILEVANTE NEL SETTORE

Di seguito, viene riportato un elenco non esaustivo della normativa comunitaria e nazionale in tema di gestione dei rifiuti e di riduzione dell'impatto sull'ambiente che può presentare risvolti sul settore del trattamento dei rifiuti.
L'elenco riportato non ha alcuna pretesa di completezza e non può pertanto costituire un riferimento da adottare nei procedimenti autorizzativi, anche alla luce del fatto che esso non include la normativa regionale, alla quale occorre attenersi per l'esercizio degli impianti.

B.1 Normativa Comunitaria

Direttiva 76/769/CEE del 27 luglio 1976 *concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 84/360/CEE del 28 giugno 1984 *concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.*
Direttiva 85/467/CE del 1° ottobre 1985 *recante sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di ammissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 89/369/CEE dell'8 giugno 1989 *sulla prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 89/429/CEE del 21 giugno 1989 *sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti esistenti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 91/689/CEE del 12 dicembre 1991 *relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 91/692/CEE del 23 dicembre 1991 *per la standardizzazione e la razionalizzazione delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente.*
Reg. (CEE) n. 793/93 del 23 marzo 1993 "*Valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
Reg. (CEE)n. 1488/94 del 28 giugno 1994 "*Principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, a norma del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio*".
Direttiva 94/31/CE del 27 giugno 1994 *che modifica la Direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 94/62/CE del 25 novembre 1994 *sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio.*
Direttiva 94/67/CE del 16 dicembre 1994 *sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi.*
Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 *sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.*
Decisione 96/350/CE del 24 maggio 1996 *che adatta gli allegati IIA e IIB della Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti.*
Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996 *relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose* (Seveso BIS).
Direttiva 96/59/CE del 16 settembre 1996 *concernente lo smaltimento dei Policlorodifenili e dei Policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Risoluzione 97/76/CEE del 24 febbraio 1997 *Strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti.*
Direttiva 99/31/CE del 26 aprile 1999 *relativa alle discariche dei rifiuti.*
Regolamento (CE) n. 2037/2000 *sulle sostanze che riducono lo strato di ozono.*

Decisione 2000/532/CE del 3 maggio 2000 *che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art.1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 2000/53/CE del 18 settembre 2000 *relativa ai veicoli fuori uso.*
Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 *che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque*
Direttiva 2000/76/CE del 4 dicembre 2000 *relativa all'incenerimento dei rifiuti.*
Direttiva 2000/59/CE del 27 novembre 2000 *relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico.*
Decisione 2001/68/CE del 16 gennaio 2001 *che definisce i parametri relativi ai PCB ai sensi dell'articolo 10, lettera a) della direttiva 96/59/CE concernente lo smaltimento dei policlorobifenili e policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Direttiva 2001/58/CE del 27 luglio 2001 *che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza).*
Direttiva 2001/77/CE del 27 settembre 2001 *sulla promozione dell' energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili C dell' elettricità.*
Decisione 2001/118/CE del 16 gennaio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti istituito dalla Decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/119/CE del 22 gennaio 2001 *che modifica la Decisione 2000/532/CE che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art. 1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*
Decisione 2001/573/CE del 23 luglio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/753/CE del 17 ottobre 2001 *relativa al questionario che gli Stati membri devono utilizzare per le loro relazioni sull'attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/151/CE del 19 febbraio 2002 *relativa ai requisiti minimi per il certificato di rottamazione rilasciato ai sensi dell'art. 5, paragrafo 3 della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/358/CE del 25 aprile 2002 *riguardante l'approvazione, a norma della Comunità europea, del Protocollo di Kyoto allegato alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e l'adempimento congiunto dei relativi impegni.*
Decisione 2002/525/CE del 27 giugno 2002 *che modifica l'allegato II della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/1600/CE del 22 luglio 2002 *che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente.*
Decisione 2002/909/CE del 13 novembre 2002 *relativa alle norme italiane che dispensano dagli obblighi di autorizzazione gli stabilimenti o le imprese che provvedono al recupero dei rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 3 della direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Regolamento (CE) n. 2150/2002 del 25 novembre 2002 *relativo alle statistiche sui rifiuti.*
Decisione 2003/33/CE del 19 dicembre 2002, *che stabilisce criteri e procedure per*

l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi dell'articolo 16 e dell'allegato II della direttiva 1999/31/CE. **Direttiva 2002/95/CE del 27 gennaio 2003** *sulla restrizione d'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Direttiva 2002/96/CE del 27 gennaio 2003 *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Decisione 2003/138/CE del 27 febbraio 2003 *che stabilisce norme di codifica dei componenti e dei materiali per i veicoli a norma della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Direttiva 2003/87/CE del 13 ottobre 2003 *che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra nelle Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE.*
Direttiva 2003/108/CE dell'8 dicembre 2003 *che modifica la direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAAE).*
Comunicazione della Commissione Europea del 27 maggio 2003, *Verso una Strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti* - Com(2003)301 definitivo.
Decisione 2004/156/CE del 29 gennaio 2004 *che istituisce le linee guida per il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della direttiva 2003/87/CE.*
Decisione 2004/280/CE dell'11 febbraio 2004 *relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a affetto serra nella Comunità e per attuare il Protocollo di Kyoto.*
Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004 *che modifica la direttiva 94/62/CE in materia di imballaggi e rifiuti di imballaggio.*
Decisione 2004/249/CE dell' 11 marzo 2004 *relativa al questionario ad uso degli stati membri sull'attuazione della direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Decisione 2004/279/CE del 19 marzo 2004 *concernente orientamenti per l' attuazione della direttiva 2002/03/CE relativa all' ozono nell' aria.*
Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004 *concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente*
Regolamento 2005/782/CE del 24 maggio 2005 *che stabilisce il formato per la trasmissione dei risultati delle statistiche sui rifiuti*
Regolamento 2005/1445/CE del 5 settembre 2005 *che definisce gli opportuni criteri di valutazione della qualità e i contenuti delle relazioni sulla qualità delle statistiche sui rifiuti ai fini del regolamento (CE) n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio*
Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005 *"Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"*- Com(2005)666 definitivo.
Direttiva 2006/12/CE del 5 aprile 2006 *relativa ai rifiuti*
Regolamento 2006/1013/CE del 14 giugno 2006 *relativo alle spedizioni di rifiuti*

B.2 Normativa Nazionale

Normativa generale sui rifiuti e sugli impianti di trattamento rifiuti
Deliberazione del Comitato interministeriale 27 luglio 1984 *Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del decreto del Presidente della Repubblica* **10 settembre 1982 n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti**
D.Lgs 27 gennaio 1992, n. 99 *"Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura"*
Legge 28 dicembre 1993, n. 549 "*Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente*" (come modificata dalla **legge 16 giugno 1997, n. 179**).
D.M. 29 ottobre 1997 "*Approvazione statuto CONAI*".

D.M. 5 febbraio 1998 *"Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli artt.31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22"*.
D.M. 28 aprile 1998, n. 406 *"Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti"*
D.M. 15 luglio 1998 *"Approvazione statuti consorzi di filiera"*.
D.M. 1 aprile 1998, n. 145 *"Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli artt.15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del D.Lgs. 22/97"*.
D.M. 1 aprile 1998, n. 148 *"Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli artt. 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4 del D.Lgs. 22/97"*.
D.M. 4 agosto 1998, n. 372 *"Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti"*
D.M. 3 settembre 1998, n. 370 *"Regolamento recante le norme concernenti le modalità di prestazione della garanzia finanziaria per il trasporto transfrontaliero dei rifiuti"*.
Legge 9 dicembre 1998, n. 426 *"Nuovi interventi in campo ambientale"*
Legge 25 febbraio 2000, n. 33 *"conversione in legge con modificazioni del D.L. 30 dicembre 1999, n. 500 recante disposizioni urgenti concernenti la proroga di termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB nonché l'immediata attuazione di risorse finanziarie necessarie all'attivazione del protocollo di Kyoto"*.
Legge 23 marzo 2001, n. 93 *"Disposizioni in campo ambientale"*.
Legge 20 agosto 2001, n. 335 *"Conversione in legge del DL 16 luglio 2001, n. 286 recante differimento di termini in materia di smaltimento rifiuti"*.
Legge 31 ottobre 2001, n. 399 *"Istituzione di una Commissione parlamentare di inchiesta sul ciclo dei rifiuti"*.
Legge 21 dicembre 2001, n. 443 *"Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive"*.
Direttiva Ministero dell'ambiente e tutela del territorio 9 aprile 2002 *"Indicazioni per la piena e corretta applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti"*.
D.M. 12 giugno 2002, n. 161 *"Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 22/97, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate"*.
Legge 31 luglio 2002, n. 179, *"Disposizioni in materia ambientale"* (Collegato ambientale alla Finanziaria 2002).
DPCM 24 dicembre 2002 *Approvazione del nuovo modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2003*
D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 *"Attuazione della Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti"*.
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 182, *"Attuazione della direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi ed i residui del carico"*.
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 209, *"Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso"*.
D.M. 8 maggio 2003, n. 203, *"Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30 % del fabbisogno medesimo"* (Green Public Procurement).
D.P.R. 15 luglio 2003, n. 254 *"Regolamento recante disciplina della gestione dei rifiuti sanitari a norma dell'articolo 24 della legge 31 luglio 2002, n. 179"*.

Legge 31 ottobre 2003, n. 306 *"Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee"* (Legge Comunitaria 2003).
D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 *"Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell' elettricità".*
Legge 15 dicembre 2004, n. 308 *"Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione"*
DPCM 22 dicembre 2004 *"Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2005 - cap. 1 sezione veicoli a fine vita o fuori uso".*
D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133 *"Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti".*
D.Lgs. 25 luglio 2005, n. 151 *"Attuazione della direttiva 2002/95/CE, della direttiva 2002/96/CE e della direttiva 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti".*
D.M. 3 agosto 2005 *"Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica".*
D.M. 17 novembre 2005, n. 269 *"Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi provenienti dalle navi, che è possibile ammettere alle procedure semplificate"*
D.Lgs 23 febbraio 2006, n. 149 *"Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs 24 giugno 2003, n. 209, recante attuazione della direttiva 2000/53/CE in materia di veicoli fuori uso".*
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale" , parte IV*
Decreto 5 aprile 2006, n.186 *" Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22"*
D. Lgs 29 aprile 2006, n. 217 *"Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti".*
Decreto 5 maggio 2006 *"Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili"*

Inquinamento atmosferico e contenimento emissioni
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 *"Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 18".*
D.P.C.M. 21 luglio 1989 *"Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali".*
D.M. 12 luglio 1990 *"Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione".*
D.P.R. 25 luglio 1991 *"Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989".*
Legge 15 gennaio 1994, n. 65 *"Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992".*
D.M. 15 aprile 1994 *"Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 24 maggio 1991".*

D.M. 21 dicembre 1995 *"Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali"*.

D.M. 19 novembre 1997, n. 503 *"Regolamento recante norme per l'attuazione delle Direttive CEE 89/369 e 89/ 429 concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari"*.

D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351 *"Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente"*.

D.M. 25 agosto 2000 *"Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203"*.

D.M. 4 giugno 2001 *"Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337"*.

D.P.C.M. 8 marzo 2002 *"Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione"*.

D.M. 2 aprile 2002, n. 60 *"Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio"*.

Legge 1° giugno 2002, n. 120 *"Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997"*.

D.M. 20 settembre 2002 *"Attuazione dell'articolo 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico"*.

Decreto 16 gennaio 2004, n. 44 *"Recepimento della direttiva 1999/13/CE relativo alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali ai sensi dell' art. 3, comma 2, del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203"*.

Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171 *"Attuazione della direttiva 2001/81/Ce relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici"*

D.Lgs 21 maggio 2004, n. 183 *"Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria"*.

D.M. 26 gennaio 2005 *"Istituzione presso la Direzione generale per la salvaguardia ambientale del comitato tecnico previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171"*

Tutela delle risorse idriche

Legge 11 novembre 1996. n. 574 *"Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari"*.

D.M. 23 marzo 2000 recante *"Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico"*.

D.M. 28 luglio 2004 *"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*.

D.M. 12-6-2003 n. 185 *"Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*

D.M. 6 luglio 2005 *"Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152"*

D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale"* , *parte III*

Valutazione Impatto Ambientale e IPPC
Legge 8 luglio 1986, n. 349 *"Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale".*
D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 *"Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale".*
D.P.C.M. 27 dicembre 1988 *"Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377".*
D.P.R. 12 aprile 1996 *"Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale".*
D.P.R. 11 febbraio 1998 *"Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6".*
D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348 *"Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere".*
D.P.C.M. 3 settembre 1999 *"Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale".*
D.M. 23 novembre 2001 *"Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372"* (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES).
D.M. 26 aprile 2002 *"Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999".*
Legge 1° marzo 2002, n. 39 *"Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee"* (Legge Comunitaria 2002).
D.M. 19 novembre 2002 *"Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999".*
D.L. 24 dicembre 2003, n. 355 così come convertito con modificazioni in **legge 27 febbraio 2004, n.47** *"Proroga di termini previsti da disposizioni legislative".*
D.M. 1° aprile 2004 *"Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale".*
D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 *"Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento"* (IPPC).

Sicurezza e Igiene del Lavoro
D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547 *"Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro".*
D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 *"Norme generali per l'igiene del lavoro".*
Legge 5 marzo 1990, n. 46 *"Norme per la sicurezza degli impianti".*
D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447 *"Regolamento di attuazione della legge 46/90 in materia di sicurezza degli impianti".*
D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 *"Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro".*

D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 "*Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale*".
D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242 "*Modifiche ed integrazioni al Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante l'attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".
D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493 "*Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro*".
D.M. 10 marzo 1998 "*Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro*".
D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 66 "*Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro" (TITOLO VII del D.Lgs. 626/94).*
D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25 "*Attuazione della direttiva 1998/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro*".
D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233 "*Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive*" (TITOLO VIII-bis del D.Lgs. 626/94).
D.Lgs. 23 giugno 2003, n. 195 "*Capacità e requisiti professionali richiesti agli addetti ed ai responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori*".
D.Lgs. 8 luglio 2003, n. 235 "*Requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori*".
D.M. 26 febbraio 2004 "*Definizione di una prima lista di valori limite indicativi di esposizione professionale agli agenti chimici*".
D.M. 3 novembre ***2004*** "*Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio*".
D.Lgs.19 agosto 2005, n. 187 "*Attuazione della direttiva 2002/44/Ce sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche*".

Inquinamento acustico
D.P.C.M. 1° marzo 1991 "*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*".
Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "*Legge quadro sull'inquinamento acustico*".
D.M. 11 dicembre 1996 "*Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo*".
D.P.C.M. 14 novembre 1997 "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*".
D.M. 16 Marzo 1998 "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*".
D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 "*Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto*".
D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194 "*Attuazione della direttiva 2002/49/Ce relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*".

Sostanze pericolose
R.D. 18 giugno 1931, n. 773 "*Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza*".

D.M. 3 dicembre 1985 "*Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delleComunità europee*".

D.M. del 23 febbraio 1988, n. 84 "*Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolos*i".

D.P.R. 24 maggio 1988, n. 216 "*Attuazione della direttiva CEE 85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 76/769 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183*".

D.M. 11 febbraio 1989 "*Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB*".

D.M. 17 gennaio 1992 "*Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT)*".

D.M. 29 luglio 1994 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 89/677, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 febbraio 1994, n. 146*".

D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52 "*Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".

D.M. 4 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza*".

D.M. 28 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".

D.M. 12 agosto 1998 "*Recepimento delle direttive 94/60/CE, 96/55/CE, 97/10/CE, 97/16/CE, 97/56/CE e 97/64/CE recanti modifiche alla direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi* ".

D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 174 "*Disciplina sanzionatoria per le violazioni delle disposizioni del regolamento (CEE) n. 793/93 relativo alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".

D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 209 "*Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili*".

D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334 "*Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose*".

D.M. 26 gennaio 2001 "*Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva 2000/32/CE*".

D.M. 11 aprile 2001 "*Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose*".

D.M. 11 ottobre 2001 "*Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento*".

D.M. 7 settembre 2002 "*Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi*

dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio".

D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65 "*Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi*".

D.M. 18 marzo 2003, n. 101 "*Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della L. 23 marzo 2001, n. 93*".

D.M. 3 luglio 2003, n. 194 "*Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE del 22 dicembre 1998 della Commissione, che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE del Consiglio relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose*".

D.M. 5 febbraio 2004 "*Modalità ed importi delle garanzie finanziarie che devono essere prestate a favore dello Stato dalle imprese che effettuano le attività di bonifica dei beni contenenti amianto*".

D.Lgs. 25 luglio 2006, n. 257 "*Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro*"

C) RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE SPECIFICITA' DEL TESSUTO INDUSTRIALE NAZIONALE

C.1 Dati sulla quantità di rifiuti trattati

C.1.1 Incenerimento di rifiuti urbani e speciali

I dati relativi al numero degli impianti e alle relative quantità trattate sono oggetto di puntuali censimenti effettuati da APAT e pubblicati nei Rapporti annuali sui rifiuti.

C.2 Numero del personale impiegato

Secondo stime Federambiente gli addetti del settore relativo al solo incenerimento dei RU erano pari a circa 1300 nell'anno 2002, corrispondenti a circa 2.200 tonnellate di rifiuti trattati per addetto.
A titolo informativo si riportano inoltre i dati relativi ad impianti di incenerimento di RU di medio-grande taglia che rappresentano un riferimento per impianti di recente costruzione.

Capacità impianto	Numero linee	Personale impiegato
1000-1500 t/g e oltre	3	60 unità ca
400-600 t/g	2	40-45 unità

C.3 Dati macroeconomici

Secondo stime Federambiente i dati relativi all'anno 2002 sono:

- Costi di investimento oltre 250 milioni di Euro;
- Investimenti ambientali oltre 14 milioni di Euro;
- Fatturato 300 milioni di Euro ca.

Gli investimenti per tutto il settore dell'igiene ambientale, secondo Confservizi, ammontano a circa 570 milioni di Euro (dato di bilancio 2000).

C.4 Impatto ambientale del settore

L'impatto ambientale dell'incenerimento dei rifiuti è essenzialmente legato alle emissioni di inquinanti in atmosfera ed alla produzione di residui solidi derivanti dai processi di combustione e di trattamento dei fumi.

C.5 Emissioni gassose

C.5.1.1 L'incidenza dell'incenerimento dei rifiuti

Per quanto riguarda le emissioni di inquinanti, esse sono quelle tipiche del processo di combustione, alle quali vanno aggiunte alcune peculiarità, legate alla possibile presenza, in forma significativa, di Cl e di metalli nei rifiuti.
In considerazione dello sviluppo piuttosto limitato del settore, ma soprattutto dei limiti

restrittivi attualmente in vigore (D.Lgs. 133/05) l'incidenza delle emissioni risulta attualmente abbastanza limitata e pressoché trascurabile in termini percentuali per la quasi totalità dei macro inquinanti tipici del processo di combustione.
In virtù dei suddetti limiti si può inoltre affermare che anche le emissioni di microinquinanti organici (es.: PCDD/PCDF) ed inorganici (metalli volatili) sono attualmente in forte riduzione e assommano a pochi punti percentuali rispetto alla totalità delle emissioni a livello nazionale.

C.5.1.2 I risvolti ambientali del recupero energetico

Occorre evidenziare anche alcuni aspetti positivi connessi al recupero energetico da rifiuti, legati al meccanismo delle "emissioni evitate".
Un primo potenziale aspetto positivo deriva direttamente dall'enorme interesse dell'opinione pubblica verso gli innegabili problemi di carattere ambientale verificatisi in passato negli impianti di incenerimento di rifiuti, che ha portato il legislatore a fissare dei limiti alle emissioni molto restrittivi che, attualmente, sono di gran lunga inferiori a quelli previsti sia per le centrali termoelettriche che per i cementifici. Ne deriva che specie per i macroinquinanti tipici della combustione (polveri, SO_2 e, in misura minore il CO) è possibile conseguire dei vantaggi ambientali[1].
Un altro fattore di estrema importanza è strettamente connesso al fatto che la gran parte dei rifiuti, in particolare i RU, costituiscono, a tutti gli effetti, delle fonti rinnovabili di energia.
In pratica, tramite la combustione dei rifiuti ai fini della produzione di energia, si sostituisce un combustibile fossile con un materiale ad alto contenuto rinnovabile, sottraendolo oltretutto alla discarica che, come noto, è una fonte di emissioni di metano, gas che presenta un potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP) piuttosto elevato, 21 volte superiore a quello della CO_2 su un orizzonte temporale di 100 anni. Ne consegue, oltre a un sicuro risparmio di risorse (combustibili fossili), una potenziale minore emissione globale di gas con effetto serra.
I RU, ad esempio, sono costituiti da frazioni eterogenee nelle quali è presente carbonio sia di origine rinnovabile (carta, legno, scarti organici, fibre tessili naturali, ecc.), sia di origine fossile (plastiche, resine e fibre sintetiche, ecc.). Il loro "grado di rinnovabilità", facendo riferimento ad una composizione media tipica della realtà nazionale, risulta essere compreso nel campo 60-70%.
Senza entrare in una dissertazione di dettaglio già sviluppata in altri contesti si può, in generale, affermare che la combustione di RU o di frazioni combustibili da essi derivati per la produzione di energia elettrica e/o termica può condurre ad un guadagno netto in termini di emissioni gas serra, qualora i livelli di recupero siano sufficientemente elevati. Tale vantaggio va letto in confronto sia allo smaltimento dei rifiuti in discarica sia alla produzione di energia elettrica in impianti tradizionali.

C.5.2 Residui solidi

Riguardo ai residui solidi, non sono disponibili dati inerenti la produzione.
I quantitativi più significativi sono comunque ascrivibili alle scorie da incenerimento di RU pari, indicativamente, al 20-25 % dei rifiuti trattati. Esse sono attualmente classificate come

[1] Un discorso a parte va fatto per gli NO_x, per i quali, essendo fissato attualmente lo stesso limite per le due tipologie di impianto in termini di concentrazione (200 mg/Nm^3), il confronto con le centrali termoelettriche risulta sfavorevole al recupero energetico da rifiuti. Non risulta possibile effettuare un confronto realistico anche per i microinquinanti a causa della carenza di dati sistematici in materia; una stima effettuata sulla base dei limiti normativi vigenti potrebbe risultare fuorviante, data la notevole differenza dei valori di riferimento per le due tipologie di impianto.

rifiuti speciali (non pericolosi) e, anche se suscettibili di recupero[2], sono nella stragrande maggioranza smaltite in discariche per rifiuti non pericolosi.
Le ceneri leggere ed i residui provenienti dal trattamento fumi, in quantità percentualmente piuttosto ridotte (4-12% dei rifiuti trattati), sono classificate come rifiuti pericolosi, da smaltire in discariche adeguate. Tali residui subiscono per lo più un trattamento di inertizzazione, tramite inglobamento in matrice cementizia, che ne consente il successivo smaltimento in discariche per rifiuti non pericolosi.
I residui sodici da trattamento fumi a secco possono essere oggetto di recupero, previo trattamento, sotto forma di salamoia riutilizzabile in cicli industriali.

[2] Tale pratica è piuttosto diffusa in molte realtà estere; a livello nazionale, per uno sviluppo del recupero su vasta scala, si rendono necessarie alcune modifiche alla vigente normativa.

D) DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI INCENERIMENTO

Generalità

Con il termine "incenerimento", viene identificato un processo di ossidazione di sostanze organiche (del tutto simile a quello che avviene nella combustione di combustibili fossili per la produzione di energia), il cui scopo principale è quello di convertire sostanze comunque pericolose o perché putrescibili e potenzialmente patogene (è il caso dei RU) o perché presentano caratteristiche di nocività (è il caso di alcuni rifiuti speciali di origine industriale) in composti gassosi (acqua, anidride carbonica) ed in residui solidi praticamente inerti ("ceneri").
Esso è dunque una tecnica di smaltimento di rifiuti finalizzata alla distruzione della frazione organica, con conseguenti notevoli riduzioni in massa e volume. La sua efficacia è misurata in termini di distruzione e rimozione delle sostanze inquinanti anche se tale definizione andrebbe applicata, a rigore, al solo incenerimento dei rifiuti pericolosi per i quali vale appieno il termine «termodistruzione». Per i RU e per alcune tipologie di rifiuti speciali, invece, l'incenerimento ha come funzione principale la drastica riduzione del volume, di norma combinata con il recupero energetico (sotto forma di energia elettrica e/o termica) del contenuto entalpico dei fumi di combustione.
Occorre rilevare che il termine incenerimento viene di norma identificato con la combustione diretta dei rifiuti anche se, in accordo a quanto enunciato all'art. 2 del D.Lgs. 133/05 in tale accezione sono inclusi anche *"...altri procedimenti di trattamento termico, quali ad esempio la pirolisi, la gassificazione ed il processo al plasma, a condizione che le sostanze risultanti dal trattamento siano suc*cessivamente *incenerite"*. In altre parole anche gli impianti basati su processi termici operanti in condizioni parzialmente ossidative (gassificazione) o in atmosfera inerte (pirolisi), sono equiparati alla combustione diretta dei rifiuti, dal punto di vista normativo. Questo si verifica qualora i prodotti risultanti dal trattamento - principalmente il gas derivato "syngas" e, in misura minore, le frazioni combustibili liquide "tar" e solide "char" - siano combuste "tal quali", senza alcun trattamento preventivo ed all'interno dello stesso impianto.
In realtà, sotto l'aspetto tecnico, la pirolisi e la gassificazione (ed anche i trattamenti all'arco-plasma che possono essere ricondotti ad una combinazione dei due suddetti processi) possono differire sostanzialmente dall'incenerimento sia per quanto riguarda le condizioni operative (vedi tabella D.1.1), e le modalità di recupero energetico sui prodotti intermedi da essi derivabili, sia per quanto riguarda il differente grado di maturità commerciale delle tecnologie che si basano su tali processi.

Tabella D.1.1 - Condizioni operative dei trattamenti termici di rifiuti

	Incenerimento	Gassificazione	Pirolisi
Temperatura operativa (°C)	850 - 1450	500 - 1600	250 – 700
Pressione (bar)	1	1 - 45	1
Atmosfera con presenza di:	Aria	Aria, O_2, H_2O	Inerte/ N_2
Rapporto stechiometrico	> 1	< 1	0
Prodotti del trattamento:			
Gassosi	CO_2, H_2O, O_2, N_2	H_2, CO, CO_2, CH_4, H_2O, (N_2)	H_2, CO, idrocarburi, H_2O, (N_2)
Liquidi	--	--	"Tar", soluzione acquosa
Solidi	Scorie e ceneri, carbonio incombusto	Vetrificato (alta T) Scorie e ceneri (medio-bassa T)	Scorie e ceneri, "Char"

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005, modificata dal GTR"

In questa sede si manterrà pertanto la distinzione tra incenerimento (inteso come combustione diretta dei rifiuti con eventuale recupero di energia dai fumi prodotti tramite un ciclo termico) ed altri processi di trattamento termico (pirolisi, gassificazione, arco-plasma).
Verrà di seguito data una breve descrizione delle principali tecnologie di combustione diretta (incenerimento) dei rifiuti, rapportandole alla tipologia di rifiuto che viene trattata (in maniera esclusiva o come componente principale caratterizzante) che, in linea generale possono essere classificabili come:

- incenerimento di rifiuti urbani o di combustibili da essi derivati;
- incenerimento di rifiuti speciali o pericolosi;
- incenerimento di fanghi;
- incenerimento di rifiuti sanitari.

Verranno anche descritte, in via generale, le principali tecnologie sviluppate per l'incenerimento dei rifiuti e per il trattamento dei fumi di combustione.
Nel capitolo E saranno presi in esame gli aspetti peculiari riguardanti la loro specifica applicazione alle summenzionate categorie di rifiuti.
Successivamente (capitolo G) saranno anche esaminate le principali tecnologie di gassificazione e pirolisi, per le quali, tenuto conto del loro limitato sviluppo a livello industriale, non è possibile effettuare una classificazione di dettaglio quale quella appena descritta per la combustione diretta dei rifiuti, nonché altre tecnologie che si stanno affacciando sul mercato.
Indipendentemente dalla tipologia dei rifiuti trattati, un impianto di incenerimento prevede la presenza di varie sezioni tra loro interconnesse che nel loro insieme costituiscono il sistema di trattamento termico degli stessi.
Schematicamente le funzioni delle varie sezioni componenti un impianto di incenerimento possono essere così riassunte:

- conferimento, stoccaggio ed alimentazione dei rifiuti / gestione e trattamento dei residui e dei sottoprodotti solidi, aventi come scopo principale la gestione dei flussi (discontinui) dei rifiuti in ingresso, il loro eventuale pretrattamento al fine di adattarli alla tecnologia di combustione adottata, nonché di favorire un possibile recupero dei residui solidi del trattamento;
- camera di combustione, finalizzata alla distruzione delle sostanze organiche ed alla produzione di scorie potenzialmente riciclabili, minimizzandone il contenuto di incombusti;
- sistema di trattamento dei fumi, avente come scopo principale la rimozione dai fumi di composti tossici derivanti dal trattamento termico dei rifiuti, concentrandoli in correnti quantitativamente ridotte (ceneri e sali di reazione, fanghi da trattamento ad umido);
- sistema di recupero energetico, necessario per il massimo recupero del contenuto energetico dei fumi di combustione, sotto forma di energia termica e/o elettrica.

D.1 Gestione dei rifiuti in ingresso e dei residui in uscita

D.1.1 Conferimento, stoccaggio e alimentazione rifiuti

I rifiuti in ingresso all'impianto passano attraverso una stazione di pesatura, a registrazione automatica e vengono successivamente accumulati in un'apposita fossa di stoccaggio, solitamente posta alla base dell'edificio principale.
La capacità di stoccaggio della fossa è funzione della potenzialità dell'impianto, delle condizioni igienico sanitarie ed ambientali, legate a loro volta al tempo di ricambio dei rifiuti, agli impianti di sicurezza nonché delle esigenze dei servizi esterni di raccolta. Di norma la fossa è dimensionata in modo da garantire un'autonomia gestionale nel caso di:

- inattività dei servizi esterni di raccolta (in genere fino a 3-4 giorni);
- brevi periodi di arresto dell'impianto.

La sezione di conferimento, stoccaggio ed alimentazione comprende almeno i seguenti dispositivi:

- piazzale di scarico automezzi, sopraelevato rispetto al piano dei rifiuti, in modo da non causare, per nessun motivo, ostacoli o interferenza con lo scarico;
- scarico rifiuti in fossa con porte a tenuta completamente esterne alla fossa (ad esempio a bocca di lupo);
- copertura e tamponamento completo, sia della fossa di stoccaggio che dell'area di scarico;
- impianto di aspirazione adeguato al fine di mantenere, sia nella fossa che nell'area di scarico, una leggera depressione tale da evitare qualsiasi fuoriuscita di polveri e/o esalazioni moleste. L'aria aspirata è, di norma, utilizzata come aria di combustione dei rifiuti;
- sistema di movimentazione e caricamento (mediante gru a ponte o simili con polipo o valve) dei rifiuti presso le apposite tramogge di carico forni. E' consigliabile la ridondanza di più mezzi di movimentazione al fine di fronteggiare guasti e malfunzionamenti e consentire disponibilità di tempo per le operazioni di miscelazione ed equalizzazione dei rifiuti;
- cabina di pilotaggio dei sistemi di movimentazione dei rifiuti, di norma posta in una zona alta della fossa (se possibile direttamente nella sala controllo dell'impianto) in modo da dare pieno campo visivo all'operatore sia sui rifiuti da movimentare che sulle tramogge di carico dei forni;
- eventuale (auspicabile) sistema di triturazione dei rifiuti ingombranti, munito di scarico diretto in fossa, in modo da miscelare il materiale triturato con i rifiuti indifferenziati.

D.1.2 Raccolta, stoccaggio ed evacuazione dei residui

I residui derivanti dall'incenerimento di rifiuti possono essere classificati come:

- **scorie** (o **ceneri pesanti**), che residuano direttamente dalla camera di combustione, costituite principalmente da materiali inerti presenti nei rifiuti, aventi un contenuto molto ridotto di combusti (1-3%). Nella maggior parte dei casi sono classificabili come rifiuti speciali non pericolosi;
- **polveri** di caldaia**,** costituite da particelle solide trascinate nella corrente dei fumi e che si depositano sulle superfici di scambio del generatore di vapore, dalle quali vengono rimosse periodicamente. Sono classificabili come rifiuti pericolosi;
- **ceneri leggere** (polveri fini e sali di reazione) che residuano dai sistemi di trattamento dei fumi, che vengono separate da opportuni sistemi di abbattimento. Sono classificabili come rifiuti pericolosi.

Le scorie vengono di norma scaricate tramite sistemi meccanici ad umido (per raffreddare il materiale e per limitare possibili fenomeni di polverosità all'interno dell'impianto) oppure a secco. La scelta del sistema è principalmente dettata dal tipo di apparecchiatura di combustione.
Le scorie (che nel caso dei RU sono suscettibili di recupero, previ opportuni trattamenti) sono convogliate, tramite trasportatori meccanici ad un sistema di stoccaggio, in attesa del destino finale (smaltimento o recupero).
Le ceneri leggere (incluse le polveri di caldaia) vengono raccolte, trasportate e stoccate in sistemi chiusi (in genere silos), in attesa di un eventuale trattamento, (effettuabile o meno presso l'impianto) e successivo smaltimento finale in discarica.
Nel caso di un trattamento fumi a secco con bicarbonato di sodio, è possibile valorizzare i

residui sodici che, previo trattamento, possono essere recuperati sotto forma di salamoia di sali di sodio riutilizzabile nei cicli industriali, ottenendo contestualmente l'invio in discarica ed il risparmio delle corrispondenti materie prime.

D.2 Tecnologie di combustione dei rifiuti

La scelta della tecnologia di recupero energetico tramite combustione va fatta principalmente in funzione della tipologia del rifiuto da trattare ed in particolare in base al suo contenuto energetico associato al potere calorifico inferiore(PCI) ed alle sue caratteristiche chimico-fisiche (densità, pezzatura, contenuto di umidità, di inerti, ecc.).
In tema di combustione di rifiuti le principali tecnologie impiegabili, che coprono la stragrande maggioranza delle applicazioni, sono:

- i forni a griglia;
- i forni a tamburo rotante;
- i combustori a letto fluido

Esistono inoltre altre tecnologie meno diffuse, sviluppate per impieghi specifici (forni statici per liquidi e gas, forni a piani multipli, inceneritori a raggi infrarossi, semi-pirolitici, ecc.) che saranno descritte in seguito in quanto la loro applicazione è ristretta a particolare tipologie di rifiuti speciali e/o pericolosi (rifiuti industriali, rifiuti sanitari, fanghi, ecc.).
Un quadro completo delle possibili tecnologie di combustione e delle loro applicazioni è riportato nella tabella D.2.1, nella quale sono riportate anche, per confronto, alcune tecnologie innovative quali gassificazione, pirolisi, trattamenti all'arco-plasma (vedi capitolo G).

Tabella D.2.1- Quadro sintetico delle tecnologie di incenerimento di rifiuti

Tecnologia forno	Tipologia rifiuto					
	RU	CDR / Speciali	Fanghi	Rifiuti sanitari	Industria Chimica	Scarti animali
A griglia mobile	+	+/–	+/– (1)	+	–	–
A tamburo rotante	+	+	+	+	+	+
A letto Fluido	+/–	+	+	+/–	+/–	+/–
A griglia fissa	+	–	–	+	–	–
Statici	–	–	–	+	–	+
A raggi infrarossi	–	+/–	–	+/–	+/–	–
A camera statica (per liquidi e/o gas)	–	–	–	–	+	–
A piani multipli	+/–	–	+	–	+/–	–
Semi-pirolitico	+/–	+/–	–	+/–	–	–
Combustore ciclonico	–	+/–	–	–	+/–	–
Gassificazione	–	+	+/–	+/–	+/–	+/–
Pirolisi	+/–	+	+/–	–	+/–	–
Trattamenti all'arco-plasma	+/–	+	+/–	+/–	+/–	–

(1) In co-incenerimento con i RU che costituiscono il rifiuto principale trattato
Legenda:
\+ = idoneo
+/– = idoneo con limitazioni
– = non idoneo

Fonte: elaborazione ENEA

D. 2.1 I forni a griglia

I forni a griglia costituiscono la tecnologia più consolidata e, come tale, di più largo impiego nella combustione di rifiuti, in particolare di quelli urbani, grazie alla flessibilità che ne caratterizza il funzionamento ed all'affidabilità derivante dalle numerosissime applicazioni.
La loro caratteristica (figura D.2.1) consiste appunto in una griglia (fissa o mobile) su cui viene formato un letto di rifiuti dello spessore di alcune decine di centimetri. I forni a griglia mobile, invece, sono composti da una camera, alla cui base si trova una suola di combustione costituita da una griglia, di norma inclinata e formata da una serie di gradini mobili.
I rifiuti vengono immessi mediante una tramoggia nella parte più alta della griglia, dalla quale uno spintore li sospinge verso i gradini inferiori. Lungo lo sviluppo longitudinale della griglia i rifiuti subiscono dapprima un processo d'essiccamento che avviene nella zona prossima all'alimentazione: le sostanze volatili che si liberano sono in gran parte costituite dall'umidità evaporata ed il rilascio di calore risulta modesto. Successivamente, sulla parte centrale della griglia, il materiale essiccato, tramite fenomeni di combustione e gassificazione della componente organica, viene convertito in una frazione gassosa ed in un residuo solido. L'aria di combustione viene iniettata sia sotto la griglia (aria primaria, all'incirca nella quantità stechiometrica necessaria per la combustione) sia nella parte alta della camera di combustione (aria secondaria, corrispondente in prima approssimazione all'eccesso d'aria necessario per la combustione); quest'ultima viene utilizzata anche per il controllo della temperatura.
Il tempo di permanenza del rifiuto sulla griglia deve essere ovviamente tale da garantire il completamento delle diverse fasi del processo di combustione ed è in genere compreso tra 30 e 60 minuti. Le scorie residue del processo vengono scaricate dalla parte finale della griglia con opportuni sistemi in vasche di accumulo a bagno d'acqua, che provvedono anche al loro raffreddamento. Per garantire maggior flessibilità al processo, per fare fronte a inevitabili variazioni qualitative dell'alimentazione, è possibile regolare le condizioni di combustione tramite la modulazione delle velocità degli elementi mobili e/o della portata di aria di combustione alimentata nelle varie zone della griglia.
Il parametro di maggior interesse per la valutazione delle prestazioni complessive della griglia è costituito dal carico termico superficiale, che deve essere idoneo ad assicurare un'elevata efficienza di combustione con tempi di residenza ragionevoli. Esso rappresenta, in pratica, la quantità di calore sviluppata dalla combustione del rifiuto per unità di tempo che l'unità di superficie della griglia è in grado di sopportare: i valori medi di più comune adozione pratica si collocano nell'intervallo 350-1.000 kW/m^2.
Il completamento dell'ossidazione dei prodotti di gassificazione e pirolisi presenti nella fase gassosa proveniente dal letto di materiale posto sulla griglia avviene nella zona immediatamente superiore alla griglia stessa, che costituisce la camera di combustione del forno. Essa deve fornire un buon mescolamento tra i gas provenienti dal letto e l'aria secondaria, assicurando quindi contemporaneamente adeguate condizioni di turbolenza e disponibilità di ossigeno.
Anche i tempi di residenza dei gas devono essere idonei: in generale si adottano valori compresi tra 2 e 5 secondi. Il volume totale della camera è in genere tale da assicurare carichi termici volumetrici di combustione compresi, di norma, tra 70 e 300 kW/m^3.
Nella tabella D.2.2 sono riassunti i valori dei principali parametri costruttivi dei forni a griglia di norma adottati.

Tabella D.2.2 – Principali parametri costruttivi dei forni a griglia

Parametro	Intervallo
Carico termico specifico volumetrico, kW/m^3	70-300
Carico termico superficiale, kW/m^2	350 – 1.000
Carico di massa specifico sulla griglia, kg/m^2 h	200 - 400

Figura D.2.1 - Schema di funzionamento del forno a griglia

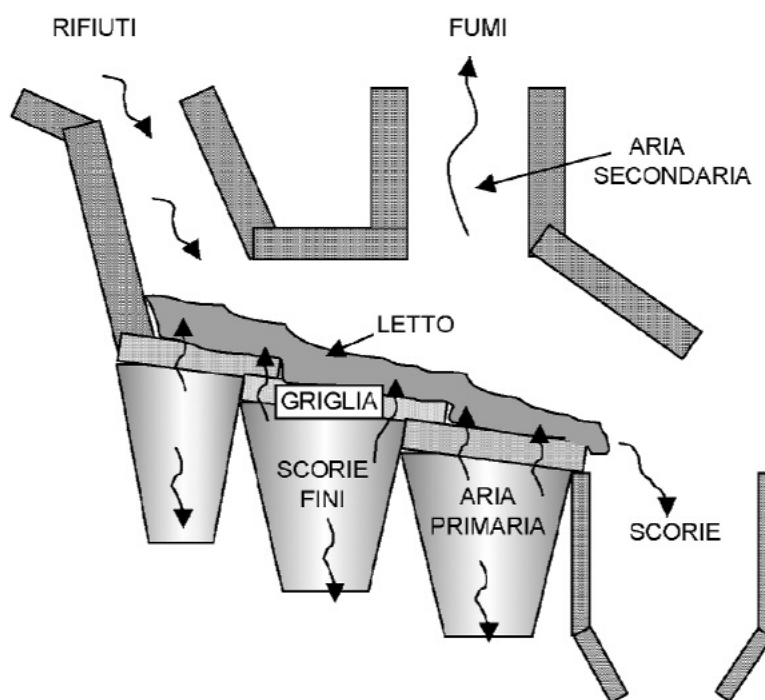
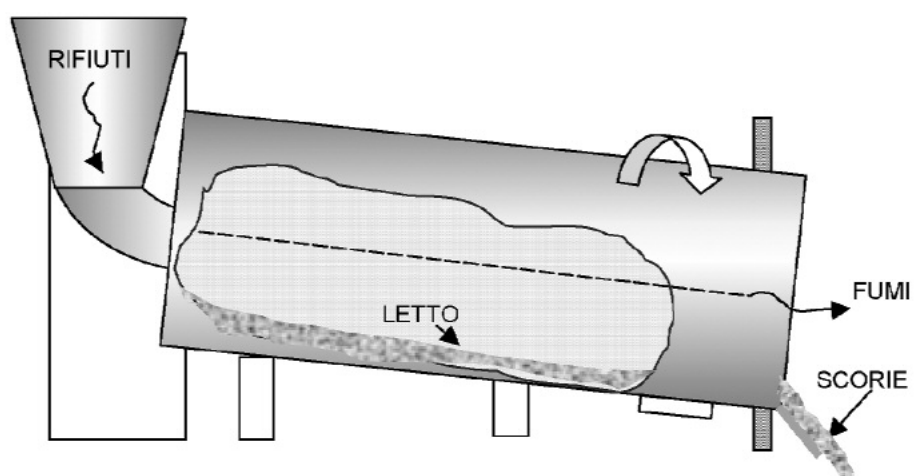



Figura D.2.2 - Schema di funzionamento di forno a tamburo rotante

Per quanto concerne gli sviluppi di tale tecnologia, essi riguardano principalmente le modifiche impiantistiche necessarie per adeguare il funzionamento della griglia e contenere i fenomeni di usura legati ad eventuali surriscaldamenti derivanti da combustibili con modesto contenuto di ceneri (inferiore al 15-20%) e con PCI piuttosto elevati come nel caso dei CDR.
Le modifiche di più recente introduzione prevedono:

- l'adozione di idonee configurazioni della griglia, al fine di limitare il trascinamento di polveri (minori salti);
- il miglioramento della distribuzione dell'aria primaria sotto griglia ai fini sia del conseguimento di condizioni ottimali di combustione sia alla riduzione del trascinamento di polveri;
- la verifica della lunghezza della griglia in relazione alla più elevata combustibilità dei rifiuti, onde evitare zone non completamente coperte dal letto di materiale e quindi soggette a maggiore usura;
- l'impiego di griglie raffreddate ad acqua per diminuire l'usura degli elementi che la costituiscono con rifiuti ad elevato potere calorifico (superiore a 15 MJ/kg), nonché ottimizzare i flussi di aria primaria svincolandoli dalla funzione di raffreddamento della griglia stessa;
- la possibilità di scaricare le scorie con estrattori a secco, al fine di ridurre il loro contenuto di umidità.

Livelli di temperatura dell'ordine degli 850-900 °C sono ritenuti sufficienti in corrispondenza di adeguati tenori di ossigeno (6-8%) e turbolenza, a garantire il completamento pressoché totale dell'ossidazione dei componenti organici nei processi di combustione, minimizzando in tal modo le emissioni di macro e microinquinanti.
Di recente sperimentazione risultano, inoltre, alcune tecniche finalizzate alla riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto. Le più semplici prevedono una modifica nella ripartizione dell'aria alimentata, riducendo quella primaria ed incrementando quella secondaria, in modo da limitare la presenza di ossigeno nelle zone a temperatura più elevata: ciò richiede un accurato controllo del processo, per evitare peggioramenti nell'efficienza complessiva di combustione ed aumenti nelle emissioni di incombusti. Allo stato attuale gli interventi più promettenti di riduzione degli NO_x in camera di combustione appaiono basati su processi di riduzione selettiva non catalitica (SNCR) tramite l'iniezione di ammoniaca o urea, supportata con il ricircolo dei fumi, anche in virtù delle loro capacità di inibire i processi di sintesi de-novo responsabili della formazione di microinquinanti organoclorurati nella fase di raffreddamento dei fumi.
I combustori a griglia mobile possono raggiungere capacità molto elevate e sono caratterizzati da una elevata flessibilità e affidabilità; non necessitano di particolari trattamenti del materiale e possono accettare rifiuti eterogenei con potere calorifico da 5 MJ/kg fino a circa 20 MJ/kg (per le griglie raffreddate ad acqua); costituiscono la tecnologia più referenziata a livello europeo. Si può associare ad essi un sistema di controllo della combustione, eventualmente dotato di sistema ottico ad infrarossi.

D.2.2 I forni a tamburo rotante

I forni a tamburo rotante sono costituiti da una camera cilindrica leggermente inclinata (in genere 1-3 %) che ruota lentamente attorno al proprio asse (vedi figura D.2.2).
Essi sono impiegati principalmente per lo smaltimento di rifiuti di origine industriale (solidi, liquidi, pastosi), anche pericolosi. A fronte di una semplicità costruttiva e di un'elevata flessibilità per quanto riguarda la tipologia e le caratteristiche dell'alimentazione, i forni a tamburo presentano degli svantaggi legati essenzialmente al ridotto volume della camera di combustione (che deve essere integrata con una apposita camera di post-combustione separata

per il completamento della combustione in fase gassosa) ed al fatto che la combustione avviene con modalità pressoché adiabatiche per cui, specie in presenza di rifiuti ad alto potere calorifico, il controllo della temperatura può essere realizzato solo aumentando l'eccesso di aria di combustione e, se necessario, iniettando acqua di raffreddamento. Entrambi questi fattori rendono tale apparecchiatura non adatta a conseguire elevati livelli di recupero energetico dall'incenerimento di rifiuti. Le caratteristiche costruttive inoltre presentano un limite superiore in termini di capacità di trattamento piuttosto ridotta, che può solo in parte essere ovviata ricorrendo all'installazione di più unità in parallelo. Questi fattori danno una chiara spiegazione del perché tale apparecchiatura abbia avuto scarsa diffusione per il trattamento dei RU; alcuni esempi presenti sul nostro territorio sono, infatti, riconducibili ad unità di capacità molto ridotta e di realizzazione piuttosto datata.
La combustione del letto di rifiuti avviene direttamente a contatto con la parete del forno, nella maggior parte dei casi rivestita di materiale refrattario; l'alimentazione del materiale avviene tramite opportune testate, collocate in corrispondenza di una estremità del forno, mentre lo scarico delle scorie e dei residui avviene all'estremità opposta. I forni a tamburo rotante, in quanto tipici forni a suola, sono caratterizzati da una maggior difficoltà di interazione tra combustibile e comburente rispetto a quella ottenibile con altre tipologie di installazioni (ad es. forni a griglia, nei quali l'aria viene insufflata direttamente attraverso il letto); l'efficienza del contatto può tuttavia essere incrementata mediante l'introduzione di strutture interne al tamburo, quali, ad esempio, palettature che trascinano il materiale verso l'alto e poi lo lasciano ricadere, che intensificando la movimentazione del letto di rifiuti ne migliorano il contatto con il comburente.
I forni a tamburo rotante possono operare tanto con configurazioni in equicorrente che in controcorrente, a seconda che il flusso dei gas e del letto di combustibile avvenga nella stessa direzione o nella direzione opposta. Nella maggior parte dei casi, ed in particolare nelle applicazioni relative alla termodistruzione di rifiuti, la configurazione adottata è in equicorrente, in quanto costruttivamente più semplice e consente, al tempo stesso, di evitare maggiormente il trascinamento, tipico del flusso in controcorrente, di sostanze volatili ed il loro scarico assieme ai fumi caldi.
I principali parametri per il dimensionamento e la valutazione delle prestazioni dei forni a tamburo rotante sono l'intensità volumetrica di combustione (kW/m^3) e l'intensità di combustione riferita alla sezione del tamburo (kW/m^2).
Il primo tiene conto del volume globale del tamburo, e quindi anche della sua lunghezza, ed è legato al tempo di permanenza necessario alla conversione del materiale, strettamente correlato alla natura e tipologia del rifiuto alimentato. Sul tempo di permanenza è possibile peraltro intervenire anche con altri parametri costruttivi, quali il diametro del forno, la sua inclinazione ed il numero di giri del tamburo.
Il secondo parametro, rappresentativo del carico termico per unità di sezione, è collegato alle massime sollecitazioni termiche locali. Nei forni attualmente in esercizio l'intensità volumetrica di combustione è, in genere, compresa tra 60 e 250 kW/m^3, mentre l'intensità per unità di sezione varia in genere nell'intervallo 600-1.200 kW/m^2.
Per quanto riguarda il rapporto lunghezza/diametro esso è in generale compreso nell'intervallo 2-5 (nella maggior parte dei casi dell'ordine di 3-4), mentre la velocità di rotazione varia tra 0,2 e 1-1,2 giri/minuto.
Nella tabella D.2.3 sono riassunti i valori dei principali parametri costruttivi dei forni a tamburo di norma adottati.
Dal punto di vista operativo le già accennate difficoltà di contatto combustibile/comburente rendono necessaria l'adozione di elevati eccessi d'aria, di norma compresi nell'intervallo 100%-150%.

Tabella D.2.3 – Principali parametri costruttivi dei forni a tamburo rotante

Parametro	Intervallo
Carico termico specifico volumetrico, kW/m^3	60-250
Carico termico specifico per unità di sezione, kW/m^2	600-1.200
Diametro, m	1,5 - 5,0
Rapporto lunghezza/diametro del tamburo	2 - 5
Tempo di permanenza dei solidi, min	> 60
Inclinazione del tamburo, %	1 - 3
Velocità di rotazione del tamburo, giri/min	0,2 – 1,2

I forni a tamburo rotante possono inoltre operare a livelli di temperatura sia al di sotto del punto di rammollimento delle scorie sia al di sopra di esso, con modalità dette appunto "a scoria fusa". Fenomeni di deformazione e fusione delle scorie cominciano a verificarsi attorno a temperature dell'ordine di 1100°-1200°C; tuttavia, data la variabilità del punto di rammollimento, le condizioni di esercizio nei forni del primo tipo prevedono temperature non superiori ai 900°-950° C, mentre le installazioni a scoria fusa possono raggiungere anche i 1400°-1600° C. L'esercizio a scoria solida è più semplice e sollecita meno i refrattari mentre quello a scoria fusa garantisce migliori condizioni di combustione ma richiede, ovviamente, criteri di progettazione e di gestione di molto più accurati.

D.2.3 I combustori a letto fluido

Il combustore a letto fluido è costituito da una camera di combustione all'interno della quale viene mantenuto un certo quantitativo di materiale inerte (il "letto"), di solito sabbia, tenuto in sospensione ("fluido") da una corrente ascendente di aria (che funge anche da comburente), immessa attraverso una griglia di distribuzione posta sul fondo. Il movimento del letto di sabbia garantisce un buon contatto comburente-combustibile, oltre a una notevole uniformità di temperatura e di miscelazione, che contribuiscono a garantire una combustione costante e completa.
Questa apparecchiatura, messa a punto inizialmente nell'industria petrolchimica, è stata adattata successivamente alla combustione di combustibili piuttosto omogenei e di pezzatura ridotta quali appunto i CDR. Non si presta tanto alla combustione di rifiuti urbani indifferenziati, che debbono subire un pretrattamento, costituito, come minimo, da operazioni di triturazione e vagliatura. Questa tecnologia si è inoltre largamente affermata in altri Paesi per il trattamento di fanghi da depurazione di acque reflue (rifiuti già per loro natura omogenei e di pezzatura ridotta), soprattutto per trattamenti combinati di essiccamento termico + incenerimento, nei quali il calore recuperato è principalmente destinato alla fase di essiccamento, evitando così l'impiego di combustibili fossili.
In linea generale i combustori a letto fluido, sulla base della pressione d'esercizio, si differenziano in letti fluidi a pressione atmosferica e letti in pressione; questi ultimi applicati a diversi processi in campo industriale, presentano particolare interesse per la loro potenzialità nel consentire l'integrazione fra la fase di trattamento termico e quella di recupero energetico, tramite il loro inserimento come combustori in cicli di turbina a gas. Tuttavia le attuali problematiche nel trattamento dei gas prodotti prima dell'invio in turbina ne limitano ancora l'applicazione al caso dei rifiuti, per i quali si adottano quasi esclusivamente letti a pressione atmosferica. Nel campo dei letti a pressione atmosferica sono disponibili le due varianti di letto fluido "bollente" (vedi figura D.2.3) e di letto fluido "circolante" o "ricircolato" (vedi figura D.2.4), in funzione della velocità di efflusso dell'aria che individua due modalità di funzionamento in cui, rispettivamente, il letto rimane in sospensione statica sotto le azioni contrastanti del peso e della spinta ascensionale ovvero viene trascinato con la corrente gassosa e ricircolato sul fondo dopo essere stato separato meccanicamente (tramite, ad

esempio, un ciclone) dai fumi di combustione. La distinzione si basa sui valori della velocità superficiale dell'aria (velocità di fluidizzazione), definita come rapporto tra la portata d'aria alimentata (riferita, ad esempio, alle condizioni di temperatura e pressione al di sopra del letto) e la sezione del letto stesso, che costituisce il parametro che condiziona significativamente il regime di funzionamento dell'apparecchiatura.

Figura D.2.3 - Schema di funzionamento di combustore a letto fluido bollente

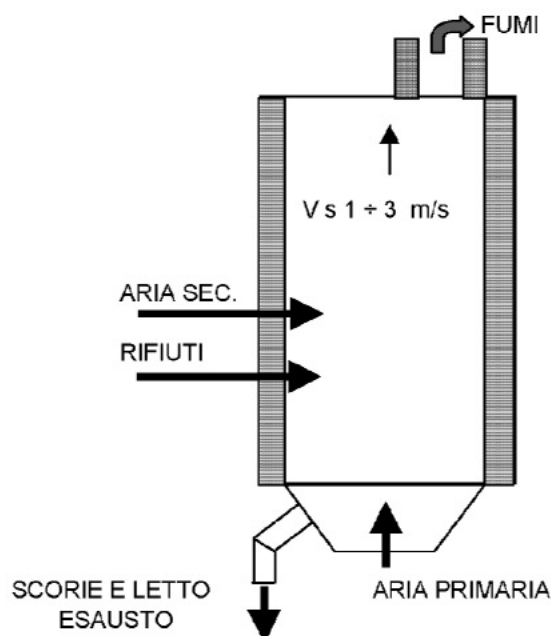
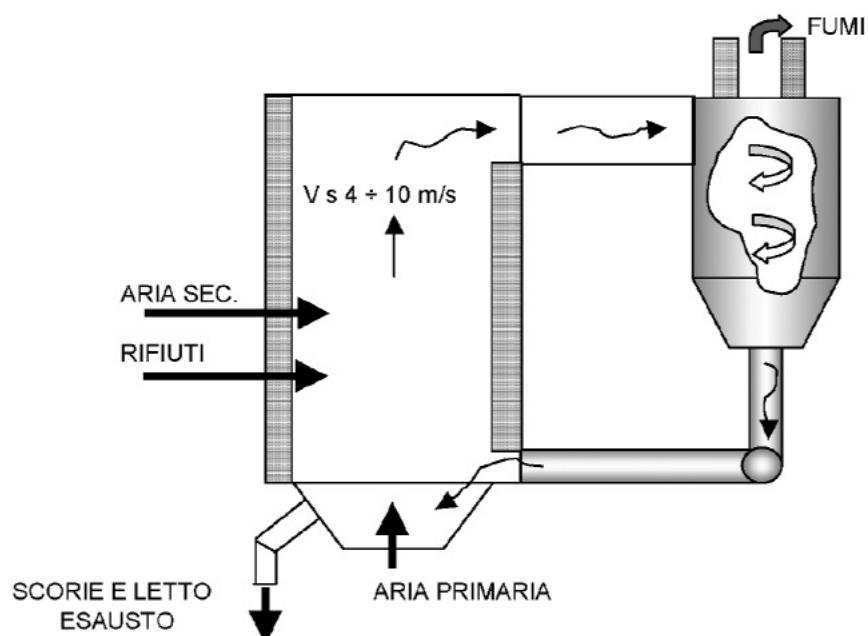



Figura D.2.4 - Schema di funzionamento di combustore a letto fluido circolante

Nei letti fluidi bollenti, nei quali l'aria viene insufflata dal basso ed il combustibile iniettato dall'alto o lateralmente, si riscontrano velocità di fluidizzazione fino a circa 3 m/s mentre nei letti circolanti tale parametro raggiunge anche valori di 8-10 m/s (comunque superiori ai 4-5 m/s), determinando un consistente trascinamento del materiale costituente il letto in uscita dalla camera di combustione, sul fondo della quale viene reimmesso dopo la separazione dalla fase gassosa.
A fronte di una configurazione impiantistica più complessa i letti circolanti presentano turbolenze più elevate, con conseguenti miglioramenti nell'efficienza di combustione e di scambio termico, nella riduzione delle disomogeneità trasversali. Essi garantiscono inoltre un tempo di contatto molto prolungato (grazie al ricircolo) che ne consente il funzionamento con carichi termici specifici più elevati rispetto al letto bollente; i costi maggiori rispetto a questi ultimi ne giustificano tuttavia l'adozione solo per potenzialità piuttosto significative.
Una caratteristica peculiare dei letti fluidi è data dalla possibilità di conseguire una rimozione dei gas acidi (SO_2, HCl), tramite l'iniezione di reagenti alcalini in fase di combustione. Tuttavia, a causa delle temperature operative, tale tecnica risulta efficace quasi esclusivamente nei confronti della SO_2.

D.2.4 Analisi comparata delle diverse tecnologie di combustione

Nella tabella D.2.4 viene riportato, in forma sintetica, un confronto fra le tre principali tecnologie di combustione di rifiuti.
La scelta della tecnologia da impiegare dipende principalmente dalla tipologia di rifiuto che costituisce, in maniera preponderante od esclusiva, il materiale da trattare e, in misura minore, da quale aspetto tra la termodistruzione dei rifiuti ed il recupero energetico si intende privilegiare.
Come si rileva dall'esame delle tabelle D.1.1. e D.2.4 non è possibile definire aprioristicamente la tecnologia da applicare, né esiste tanto meno una tecnologia la cui applicazione può essere generalizzata a tutte le tipologie di rifiuti disponibili. I dati in esse riportati costituiscono solo un'indicazione di base nella selezione della tecnologia da impiegare, che dovrà tenere conto di tutta una serie di parametri a (tecnici, economici, ambientali, gestionali ecc.) specifici del singolo caso, alla luce del fatto che gli sviluppi tecnologici in corso e l'evoluzione della normativa comunitaria, stanno via via portando ad una maggiore sovrapponibilità delle varie tecnologie di combustione dei rifiuti.
A questo riguardo non è forse superfluo effettuare un'analisi, seppur qualitativa, del campo di applicabilità delle principali tecnologie di combustione (griglia, letto fluido) al settore dei rifiuti di origine urbana.
Gli sviluppi normativi nel settore della gestione degli ultimi anni hanno portato alla presenza di frazioni combustibili che, in modo schematico, possono essere classificate come:

- RU indifferenziati che residuano a valle delle operazioni di raccolta differenziata (RD);
- "Frazione secca" o "secco", ricavata dai RU indifferenziati tramite operazioni di selezione meccanica e di separazione (eventuale) dei metalli;
- Combustibili derivati da rifiuti (CDR), ottenuti dalla frazione secca tramite successive operazioni di raffinazione.

Nella tabella D.2.5 viene riportata l'applicabilità delle due principali tecnologie al trattamento di frazioni derivate da rifiuti di origine urbana. Si tratta di informazioni indicative, la cui effettiva realizzazione dovrà essere verificata caso per caso, in funzione delle caratteristiche del rifiuto e della specifica apparecchiatura selezionata.

Tabella D.2.4- Confronto fra le principali tecnologie di combustione dei rifiuti

Apparecchiatura	Vantaggi	Svantaggi
A griglia mobile	✓Apparecchiatura collaudata ed affidabile ✓Esistono migliaia di applicazioni a livello mondiale ✓Consente buoni livelli di recupero energetico ✓Idoneo per rifiuti di diversa pezzatura ✓Non richiede il pretrattamento dei RU	✓Non particolarmente idonea per rifiuti ad alto PCI (>20 MJ/kg) ✓Non idonea per rifiuti pulverulenti, pastosi e melme ✓Fattibilità economica ristretta a taglie d'impianto medio-grandi
A tamburo rotante	✓Possibilità di trattare rifiuti in qualsiasi stato fisico (solidi, liquidi, pastosi), anche in combinazione ✓Scarsa sensibilità al variare di composizione, umidità e pezzatura dell'alimentazione Semplicità di costruzione ed elevata affidabilità di funzionamento	✓Presenza di parti in movimento, con problemi di tenuta ed usura ✓Incompleta ossidazione dei fumi nella camera primaria, necessita di camera di post-combustione ✓Eccessi d'aria elevati ✓Consumo di refrattario piuttosto rapido; ✓Ridotte efficienze di recupero energetico
A letto fluido	✓Elevata efficienza di combustione (grado di turbolenza,maggiori tempi di residenza, temperatura più uniforme) ✓Basso contenuto di incombusti nelle scorie (0,2-0,3 %) ✓Unità più compatte (maggiori carichi termici specifici applicabili) ✓Ridotti tempi di avviamento e possibilità di funzionare anche in discontinuo ✓Ridotto numero di parti meccaniche in movimento ✓Possibilità di operare con ridotti eccessi d'aria, con conseguenti migliore rendimento di recupero e minori dimensioni dei sistemi di depurazione dei fumi ✓Parziale rimozione di gas acidi (principalmente SO_2) in fase di combustione, tramite l'iniezione di sorbenti alcalini	✓Rischio di defluidizzazione del letto conseguente a possibili fenomeni di agglomerazione ✓Necessità di pretrattamenti dei rifiuti (riduzione pezzatura, omogenizzazione, ecc.), con conseguente aumento dei costi globali di gestione ✓Necessità di aumentare i punti di alimentazione o di incrementare la velocità di fluidizzazione a causa di insufficiente mescolamento trasversale ✓Difficoltà di alimentazione dei rifiuti leggeri (es.: CDR "fluff") soprattutto in corrispondenza di velocità di fluidizzazione elevate (letti circolanti) ✓Ridotte esperienze applicative in scala industriale per l'impiego con rifiuti urbani, soprattutto per i letti circolanti Maggiori carichi di polveri da captare nell'impianto di trattamento fumi.

Fonte:Elaborazione a cura del GTR

Tabella D.2.5 – Tecnologie di combustione RU, frazioni derivate e assimilabili

Rifiuto	PCI (MJ/kg)	Apparecchiatura	
		Griglia	Letto fluido
RU indifferenziato	8 - 11	+	–
Frazione secca	12 - 15	+	+ (1)
CDR (ex DM 5.2.1998)	min.15	+ (2)	+
Rifiuti a elevato PCI	> 20	–	+

Fonte: elaborazione a cura del GTR
(1) Previa triturazione
(2) Può essere richiesto l'impiego di griglia raffreddata ad acqua (in funzione del PCI)

Legenda:
\+ = idoneo
+/– = idoneo con limitazioni
– = non idoneo

D.2.5 La post-combustione

La camera di post-combustione consiste in un volume (non necessariamente fisicamente separato) messo a disposizione dei fumi a valle della zona di combustione primaria, allo scopo di permettere il conseguimento di condizioni di combustione controllate che permettano il completamento, in fase gassosa, delle reazioni di ossidazione iniziate precedentemente. In quest'ottica la camera di post-combustione risulta essere necessaria solo quando le condizioni operative della camera primaria, soprattutto nel caso di incenerimento di rifiuti solidi, sono tali da lasciare dubbi circa le possibilità del completamento delle reazioni di ossidazione come è, ad esempio, il caso dei forni a tamburo rotante.
L'esigenza della sua presenza è invece meno sentita nelle apparecchiature di recente concezione, dotate di soluzioni progettuali ed operative (volumi disponibili ridondanti, adeguate immissioni dell'aria di combustione, ecc.).
Sino all'emanazione dei decreti 503/97 e 124/00, poi abrogati dal D.Lgs. 133/05 di recepimento della Direttiva 2000/76/CE sull'incenerimento di rifiuti, tutti gli impianti di incenerimento dovevano essere dotati di una camera di post-combustione, separata dalla camera primaria e funzionante in condizioni adiabatiche.
Attualmente la camera di post-combustione è stata in pratica sostituita da una zona (in continuità con la camera primaria) a combustione controllata posta a valle della ultima immissione di aria secondaria in cui deve essere mantenuta una temperatura di almeno 850 °C per un tempo superiore a due secondi. Nelle recenti configurazioni è possibile inoltre installare delle superfici di scambio termico per il raffreddamento dei fumi, che permettono di conseguire i seguenti vantaggi:

- una migliore integrazione del sistema forno-caldaia e quindi apparecchiature più compatte e funzionali;
- la possibilità di controllo della temperatura dei fumi per mezzo dello scambio termico con conseguente riduzione dei loro volumi e delle dimensioni degli impianti di trattamento posti a valle.

Tuttavia nella zona di post-combustione si tende a non eccedere con lo scambio termico sia limitando le superfici di scambio sia ricoprendole con materiale refrattario di opportuno spessore; questo non solo per ragioni connesse con il limite minimo di temperatura che deve essere mantenuto, ma anche per problematiche generali connesse alla stabilità del processo di combustione, specie in presenza di rifiuti aventi ridotto potere calorifico. Il rivestimento con materiale refrattario si rende necessario anche per la protezione delle superfici esterne dei tubi da fenomeni di corrosione ad alta temperatura.

D.2.6 Altre tipologie di apparecchiature di combustione

Di seguito vengono brevemente descritte alcune tecnologie di combustione che trovano impieghi piuttosto limitati per apparecchiature di taglia ridotta e/o il trattamento di specifiche categorie di rifiuti. Alcune di esse, per le quali esistono esempi di impianti operativi sul territorio nazionale, possono essere ritenute superate.

D.2.6.1 Forni a griglia fissa

I forni a griglia fissa sono concettualmente simili a quelli a griglia mobile fatta eccezione del fatto che le parti costituenti ("gradini") sono fisse.
Sono apparecchiature superate dal punto di vista tecnologico, anche se sono presenti alcuni impianti in Italia, per lo più datati e di taglia medio-piccola.

D.2.6.2 Forni statici

Questa tecnologia è ancora impiegata per il trattamento di rifiuti, in particolare sanitari, residui di macellazione e/o carcasse animali, in impianti di taglia ridotta, molto spesso operanti in discontinuo.
La camera primaria di combustione opera, di norma, con eccessi d'aria elevati; molto spesso sono presenti dei bruciatori di supporto.
Il rimescolamento dei rifiuti risulta piuttosto difficoltoso con conseguente possibile presenza di incombusti nelle scorie. Occorre inoltre prevedere dei sistemi di evacuazione dei residui di trattamento.
La presenza di una camera di post-combustione dotata di bruciatore ausiliario risulta fondamentale.
Per favorire il completamento della combustione dei rifiuti è possibile prevedere il passaggio dei fumi di combustione al di sotto della zona in cui sono deposti i rifiuti (forni "a suola calda").
La tendenza attuale è quella di favorire, in alternativa agli inceneritori statici, il trattamento in impianti centralizzati a tamburo rotante, più idonei per il rispetto dei sempre più stringenti limiti normativi, con costi accettabili.

D.2.6.3 Forni a raggi infrarossi

Trattasi di una tecnologia messa a punto negli USA sin dagli anni '80, principalmente per il trattamento di terreni contaminati o di rifiuti altamente pericolosi.
I rifiuti, in pezzatura piuttosto ridotta, vengono alimentati su di un nastro trasportatore a maglie di acciaio e lungo il percorso vengono sottoposti a riscaldamento tramite l'azione di raggi infrarossi emessi da una serie di elettrodi di carburo di silicio.
Le caratteristiche principali possono essere così riassunte:
Vantaggi
- Apparecchiature piuttosto compatte (e quindi trasportabili);
- Ridotti volumi dei fumi;
- Efficace controllo dei parametri operativi e possibilità di funzionare di funzionare in condizioni ossidanti e riducenti (riscaldamento elettrico);

Svantaggi
- Impossibilità di trattare materiali ad alto contenuto di liquidi;
- Necessità di pretrattamenti (riduzione pezzatura/rimozione parti fini);
- Problemi di corrosione.

Non si ha notizia di applicazioni di tale tecnologia su scala industriale in Italia.

D.2.6.4 A camera statica per liquidi

Sono apparecchiature dedicate al trattamento di rifiuti liquidi, in grado di trattare anche correnti reflue gassose; come tali, trovano principalmente impiego per operazioni di autosmaltimento presso impianti industriali.
Sono costituiti da uno (o più bruciatori), installato(i) all'interno di una camera di combustione cilindrica rivestita di refrattario nei quali vengono alimentati i rifiuti da incenerire.
Possono essere presenti più camere o zone se le correnti da trattare presentano caratteristiche molto diverse fra di loro; di norma i liquidi ad alto PCI sono alimentati nella zona primaria mentre le soluzioni acquose ed i liquidi a basso PCI nella zona secondaria.
Nel caso di incenerimento di soluzioni può essere previsto un sistema di raccolta e recupero

degli eventuali sali disciolti, ottenuto tramite l'installazione del bruciatore sulla parete superiore del forno (inceneritori "a fiamma rovesciata").
La camera di post-combustione può non essere presente, qualora le condizioni operative della camera di combustione consentano di mantenere adeguati livelli di temperatura e di tempi di residenza (in accordo alla normativa vigente).

D.2.6.5 Forni a piani multipli

Questo tipo di apparecchiatura è principalmente impiegato per il trattamento di fanghi di depurazione di acque reflue.
Il fango viene alimentato nella parte superiore dell'inceneritore e scendendo incontra in controcorrente l'aria di combustione che viene immessa dal basso.
Le varie fasi (essiccamento, volatilizzazione, combustione, esaurimento delle scorie avvengono su vari piani disposti a vari livelli dai quali i rifiuti sono fatti cadere sul piano sottostante tramite bracci rotanti, collegati ad un albero centrale disposto lungo l'asse dell'apparecchiatura.
Si tratta di un'apparecchiatura ormai obsoleta, impiegata in passato anche per il trattamento di RU.

D.2.6.6 Forni semipirolitici

Sono forni che possono avere diverse configurazioni geometriche (a tamburo rotante, a camera statica, a griglia, ecc.) che si caratterizzano per le condizioni operative che vengono mantenute nella camera primaria, operante in condizioni di carenza di aria (rapporto stechiometrico ≤ 1), mentre la combustione viene completata in fase gassosa nella camera di post-combustione (sempre presente).
Gli elementi qualificanti di tale tecnologia sono costituiti dal fatto che è possibile operare un migliore controllo della combustione, con potenziali minori emissioni degli inquinanti tipici (NO_x, CO, metalli, polveri), grazie alle condizioni riducenti ed alla minore portata di fumi della camera di combustione principale, nonché di poter realizzare (a parità di capacità) apparecchiature più compatte.
Per contro potrebbero aversi problemi di controllo della qualità delle scorie (contenuto di incombusti), per cui è sempre necessario prevedere una sezione di esaurimento delle stesse tramite apposito bruciatore ausiliario.

D.2.6.7 Combustore ciclonico

Si tratta di un apparecchiatura messa a punto per assicurare un'elevata turbolenza in camera di combustione, in modo da favorire il rimescolamento degli stessi e, di conseguenza, condizioni operative di combustione più omogenee e costanti.
L'elevata turbolenza viene ottenuta tramite l'iniezione dell'aria di combustione in modo tangenziale alle pareti della camera di combustione (a sezione cilindrica). In questo modo si realizza un moto di tipo elicoidale del flusso gassoso sino all'uscita della camera situata sul lato opposto.
L'accoppiamento di tale tecnica con elevate temperature operative (1200 °C) consente inoltre di ottenere elevate efficienze di distruzione dei composti organici ed un residuo solido fuso che, una volta raffreddato presenta una consistenza vetrosa.
Non si ha notizia di applicazioni di tale tecnologia a livello industriale in Italia.

D.2.7 Altre tecnologie

Esistono poi altri processi e tecnologie di trattamento termico e recupero energetico di rifiuti che non hanno ancora però raggiunto la piena maturità commerciale tra le quali si citano, ad esempio, la pirolisi, la gassificazione, la combustione con aria arricchita o ossigeno, i trattamenti all'arcoplasma.
Una loro descrizione è riportata nel capitolo G.

D.3 Trattamento dei fumi

D.3.1 Generalità

L'impatto derivante dalla combustione di rifiuti è costituito principalmente dall'emissione di polveri e di sostanze inquinanti nell'atmosfera in fase gassosa o sotto forma di vapore e classificabili come macro e microinquinanti.
Con "macroinquinanti" si individuano le sostanze presenti nei fumi in concentrazioni dell'ordine dei mg/Nm^3, quali le polveri, gli ossidi di zolfo (principalmente anidride solforosa, SO_2) e di azoto (NO_x), il monossido di carbonio (CO), il carbonio organico totale (COT o TOC) e gli acidi alogenidrici (essenzialmente acido cloridrico, HCl e acido fluoridrico, HF).
Con "microinquinanti" si individuano, invece, quelle sostanze, presenti nelle emissioni in concentrazioni di molto inferiori, che includono sia specie inorganiche come i metalli pesanti (cadmio, cromo, mercurio, piombo, nichel, ecc.) che organiche come le policloro-dibenzodiossine (PCDD), i policloro-dibenzofurani (PCDF) e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA). I valori limite per le emissioni dei composti microinquinanti si collocano nell'ordine dei $\mu g/Nm^3$, o addirittura dei ng/Nm^3 per alcuni composti (tipicamente le diossine[3]) di particolare pericolosità per la salute dell'uomo.
E' con l'inizio degli anni '80 che si afferma l'esigenza di rimuovere, per via meccanica, le polveri e, per via chimica, i macroinquinanti presenti nei fumi degli inceneritori.
Contemporaneamente sono state attuate misure di contenimento preventivo delle emissioni, attraverso il miglioramento sia delle caratteristiche costruttive dei forni sia del processo stesso (temperature di combustione più alte, maggiori tempi di permanenza, mantenimento di regimi di alta turbolenza, adeguati eccessi di aria in grado di garantire la presenza del quantitativo di ossigeno necessario all'ossidazione completa dei prodotti di combustione, ecc.).
Lo sviluppo, poi, di sempre più sofisticati metodi di campionamento ed analisi degli inquinanti nei fumi ha condotto alla scoperta della presenza di significative concentrazioni nei fumi di metalli tossici, come il mercurio, il cadmio e di microinquinanti organoclorurati, quali le diossine ed i furani.
Parallelamente lo sviluppo tecnologico attuato dalle aziende del settore negli ultimi anni ha condotto allo sviluppo di un mercato di sistemi di depurazione dei fumi piuttosto complessi che, nel caso di molti inquinanti, consentono di raggiungere valori di concentrazione delle emissioni al limite della misurabilità.

[3] Con il termine "diossina" si individuano ben 210 composti (75 diossine e 135 furani), chimicamente e tossicologicamente anche molto diversi, caratterizzati da un un diverso contenuto di atomi di cloro (da 1 a 8). Le recenti evoluzioni delle normative in termini di emissioni all'atmosfera fanno riferimento ad un fattore di tossicità equivalente (FTE) che "pesa" la concentrazione delle varie specie presenti rapportandola a quella dei composti più pericolosi e, all'interno di questi, a quella più tossica in assoluto, la 2-3-7-8 TCDD (FTE=1).

D.3.2 La rimozione delle polveri

Per quanto riguarda la rimozione delle polveri, essa viene effettuata per lo più per via meccanica, per mezzo di apparecchiature dedicate allo scopo, costituite da:

- Cicloni e multicicloni;
- Filtri elettrostatici (a secco e ad umido);
- Filtri a maniche.

Le caratteristiche salienti delle varie apparecchiature sono riportate in forma sintetica nella tabella D.3.1.

Tabella D.3.1 – Sistemi di rimozione delle polveri

Apparecchiatura	Livelli di concentrazioni	Vantaggi	Svantaggi
Ciclone e multicicloni	Cicloni: 200-300 mg/Nm^3 Multicicloni: 100-150 mg/Nm^3	-Robusti, semplici ed affidabili -Impiegati da sempre come depolveratori	-Utilizzabili solo nella fase di pre-depurazione delle polveri, non sufficienti da soli a rispettare i limiti vigenti -Consumi relativamente elevati (rispetto a ESP)
Precipitatore elettrostatico (ESP)	"A secco": < 5 - 25 mg/Nm^3	-Consumi ridotti -Possibilità di trattare fumi in ampio campo di temperature (150-350 °C) -Numerose applicazioni nel campo dell'incenerimento	-Non sufficiente da solo a rispettare i limiti vigenti
	"Ad umido": < 5 - 20 mg/Nm^3	-Bassi livelli di concentrazioni in uscita	-Limitate applicazioni per l'incenerimento dei rifiuti -Produzione di acque di scarico
Filtro a maniche	< 5 mg/Nm^3	-Largamente applicato per l'incenerimento -Bassi livelli di concentrazioni in uscita -Partecipa anche all'abbattimento degli inquinanti acidi	-Consumi relativamente elevati (rispetto a ESP) -Influenzato negativamente dalla condensazione dell'umidità e dalla corrosione

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005

Occorre inoltre ricordare che anche l'impiego di sistemi di lavaggio "ad umido", anche se il loro scopo principale risulta essere la rimozione dei composti acidi (in fase gassosa o vapore) tramite neutralizzazione con opportuni reagenti, può contestualmente contribuire all'abbattimento di particelle solide sospese nella corrente gassosa.

D.3.2.1 Ciclone e i multicicloni

Il ciclone è un'apparecchiatura di depurazione centrifuga di tipo statico. La corrente gassosa entra tangenzialmente nella parte superiore, venendo in tal modo sottoposta all'azione di una forza centrifuga che tende a portare le particelle sospese verso la periferia della camera. Il

moto a spirale del fluido impartisce alla particella un'accelerazione radiale verso le pareti dell'apparecchiatura mentre, simultaneamente, la forza di gravità la spinge verso il basso; ne risulta un movimento discendente a spirale fino a quando la particella, per urto contro le pareti si separa dalla corrente gassosa che esce dall'alto attraverso un condotto centrale.
Tali apparecchiature non consentono di captare le particelle di diametro inferiore ai 7-10 micron, lasciando così passare la maggior parte dei metalli pesanti condensati sulle particelle di diametro inferiore.
Sono comunque apparecchiature semplici ed affidabili, anche se è sempre presente il rischio di intasamento e quello di perdita di efficienza a causa della variazione della portata fumi. Vengono usati per la depolverazione dei fumi uscenti dagli inceneritori a letto fluidizzato, in modo da poter ricircolare il materiale di riempimento del letto trascinato nei fumi stessi. Attualmente vengono per lo più utilizzati per una fase di predepolverazione.

D.3.2.2 Filtri elettrostatici

Si basano sul fenomeno fisico della precipitazione elettrostatica che si ottiene facendo passare la corrente dei fumi tra due elettrodi:
- uno emissivo (di carica negativa) filiforme;
- uno ricettivo (di carica positiva) costituito da una superficie di ricezione.

Le particelle vengono caricate dagli ioni prodotti per effetto corona dall'elettrodo emittente che è sottoposto ad alta tensione (circa 40-100 kV). Grazie all'effetto del campo elettrico che si viene ad instaurare tra i due elettrodi, le particelle caricate sono attratte dall'elettrodo ricettore e fatte cadere in una tramoggia di raccolta tramite scuotimento.
Questi filtri possono essere costituiti da uno o più campi di captazione disposti in serie. La maggior parte degli elettrofiltri è costituito da almeno due campi fino ad un massimo di quattro o cinque, ciascuno costituito da elettrodi emissivi e ricettivi, posizionati verticalmente in modo che le direzioni dei campi risultino alternate.
Il rapporto tra la lunghezza e l'altezza delle placche è generalmente compresa tra 0,9 e 1,5, al fine di garantire una migliore efficienza del singolo campo. L'efficienza degli elettrofiltri aumenta all'aumentare del numero di campi.
Per quanto riguarda il funzionamento, i parametri che influenzano l'esercizio di un elettrofiltro sono:
- la resistività delle particelle di polvere; le condizioni ottimali prevedono una resistività compresa indicativamente nel campo 10^7 - 10^{11} ohm*cm, tipica della maggior parte delle polveri. Resistività inferiori provocano un facile "scaricamento" delle particelle sulle placche ricettrici e la loro reimmissione in circolo causata dalla velocità dei fumi. Resistività maggiori provocano un fenomeno di contro emissione in seguito all'aumento di resistenza dello strato di polveri sugli elettrodi ricettori; si è rilevato che se la resistività delle polveri supera valori di circa 10^{11}-10^{12} ohm*cm, si riducono le efficienze di rimozione;
- l'umidità dei fumi;
- il tenore in zolfo;
- le dimensioni delle particelle.

Per ovviare a valori di resistività troppo alti o troppo bassi si gioca sulla velocità dei gas: normalmente questa si attesta intorno a 1-1,2 m/s, ma può arrivare fino a 1,8 m/s per particelle più resistive.
Gli elettrofiltri, costruiti in acciaio, possono sopportare temperature dei fumi superiori ai 400°C, ma la temperatura di esercizio si attesta normalmente in un intervallo compreso tra 200 e 300°C.
Le perdite di carico sono relativamente basse il valore tipico è compreso tra 1 e 3 mbar.

L'efficienza di un elettrofiltro diminuisce all'aumentare del tenore di polveri presenti nella corrente dei fumi. Ne consegue che, data una superficie di captazione ed un numero di campi, l'efficacia dell'elettrofiltro è funzione della portata di fumi trattata.
Circa eventuali inconvenienti è da citare il rischio di esplosioni dovute ad elevate concentrazioni di CO; per questo motivo è opportuno prevedere una sonda con soglia di allarme e relativo blocco di alimentazione degli elettrodi, anche se il rischio, nel caso di incenerimento è piuttosto ridotto, a causa dei ridotti tenori di CO nei fumi.

D.3.2.3 Filtri a manica

Sono costituiti da un tessuto tubolare sostenuto tramite un cestello portante interno, solitamente in acciaio.
Schematicamente il filtro a maniche si divide generalmente in tre zone:
- la zona di filtrazione, in cui i fumi, lambendo dall'esterno le maniche, attraversano il tessuto depositandovi le particelle;
- la zona superiore o di evacuazione, in cui i fumi vengono raccolti dopo essere stati aspirati dall'alto delle maniche;
- la zona inferiore o tramoggia, in cui vengono raccolte le particelle precipitate per scuotimento tramite getti periodici di aria compressa in controcorrente.

Il processo di separazione delle particelle di polvere, contenute nei gas, mediante tessuto filtrante, dipende da numerosi fattori:
- le forze di massa (inerzia);
- l'effetto di sbarramento;
- la diffusione;
- le forze elettrostatiche;
- l'adesione.

Nel caso di diametri delle particelle ridotti e basse velocità dei fumi sono prevalenti i fenomeni di diffusione, mentre nel caso velocità più elevate e particelle di maggiori dimensioni prevalgono gli effetti meccanici.
Il grado di separazione è influenzato dallo spessore dello strato filtrante, dal diametro delle fibre e dal grado di separazione della fibra singola, influenzato a sua volta dalle dimensioni e dalla velocità della particella.
La filtrazione non consiste semplicemente in una "setacciatura" della polvere trascinata nel flusso gassoso, ma è frutto anche di altri fenomeni. Ad esempio, una particella di dimensioni di pochi micron che attraversa il feltro di cui è composta la manica, ha, relativamente alle sue dimensioni, un percorso lunghissimo da compiere: più piccoli e tortuosi sono i " canali" che deve percorrere, più è bassa la sua velocità, più alta è la probabilità che essa interferisca, meccanicamente o attraverso gli altri meccanismi citati, con il mezzo filtrante.
Per un mezzo filtrante, sia feltro che tessuto, la permeabilità all'aria, definita come la portata che causa, sulla superficie unitaria, la perdita di carico di 20 mm di colonna d'acqua (196 Pa), è un indice abbastanza significativo della capacità di trattenimento: a minore permeabilità corrisponde una maggiore capacità di captazione.
La capacità di filtrazione dipende da:
- le caratteristiche della polvere da filtrare;
- la velocità di attraversamento del filtro;
- il tipo di filtro;
- le caratteristiche del mezzo filtrante.

Le prestazioni del filtro non risultano quindi definibili né con le dimensioni della più piccola particella filtrabile, (ad esempio 10 micron), né con una efficienza ponderale, (ad esempio

99,9%), dato che la quantità di polvere che esce dipende poco dalla concentrazione in ingresso; le prestazioni di un filtro sono definibili tramite la concentrazione di polvere in uscita espressa in mg/m^3.
Una indicazione sulla concentrazione di polvere in uscita può essere fornita quindi solo conoscendo la natura e l'analisi granulometrica della polvere, nonché la velocità di filtrazione, intesa come rapporto tra portata e superficie, che risulta essere il parametro di progetto ai fini della scelta del mezzo filtrante più appropriato.
La scelta del mezzo filtrante è molto vasta. Si impiegano sia tessuti che feltri: i tessuti agiscono come un supporto sul quale la polvere, depositandosi, forma uno strato microporoso capace di fermare le particelle più fini; i feltri sono essi stessi uno strato di fibre che, intrecciandosi, formano dei micropori. I feltri permettono rapporti di filtrazione più elevati ma richiedono sistemi di pulizia più sofisticati, mentre i tessuti vengono usati con velocità di attraversamento più basse e necessitano di cicli di pulizia meno frequenti.
Le caratteristiche chimico-fisiche del mezzo filtrante (feltro o tessuto) influenzano enormemente l'efficienza e la stabilità del mezzo. La conoscenza della stabilità delle varie fibre è essenziale nella scelta del mezzo filtrante più adatto a un determinato processo di filtrazione. Un'indicazione di massima delle caratteristiche dei vari tessuti è riportata nella tabella D.3.2.

Tabella D.3.2 - Principali caratteristiche dei tessuti impiegati per i filtri a manica

	T° max (°C)	Resistenza a:			
TIPO DI FIBRA	**Cont./punta**	**Idrolisi**	**Acidi**	**Alcali**	**Ossidazione**
Polipropilene	90/100	Ottima	Ottima	Ottima	Cattiva
Poliolefina per alta T°	125/130	Ottima	Ottima	Ottima	Cattiva
Poliammide	110/115	Cattiva	Moderata	Buona	Moderata
Poliacrilonitrile cop.	110/115	Buona	Moderata	Moderata	Buona
Poliacrilonitrile omo	125/140	Buona	Buona	Moderata	Buona
Poliestere	140/150	Cattiva	Moderata	Cattiva	Buona
M-aramide	180/220	Moderata	Moderata	Moderata	Buona
Polifenilensolfuro	190/200	Ottima	Ottima	Ottima	Buona
Poliimide	240/260	Buona	Buona	Moderata	Buona
Politetrafluoroetilene	250/280	Ottima	Ottima	Ottima	Ottima

Fonte: Linee guida CITEC (2002)

Si noti che la temperatura di esercizio di un filtro deve essere sempre superiore al punto di rugiada ("dew point") della miscela di gas da depolverare: se la temperatura scende a livelli inferiori l'acqua in fase vapore contenuta nel gas condensa. Le gocce di acqua in fase liquida non solo inumidiscono lo strato di polvere depositato sulle maniche aumentandone così la resistenza al passaggio dell'aria (e quindi la perdita di carico attraverso il filtro), ma disciolgono anche eventuali composti acidi causando corrosione su maniche, cestelli porta maniche e carpenteria.
In passato la scelta tra un filtro a maniche ed un elettrofiltro era delicata e veniva "giocata" su considerazioni di natura economica che, a seconda della tipologia impiantistica, poteva premiare ora l'una ora l'altra tecnologia.
Attualmente (e sempre di più in futuro) i limiti di emissione richiesti per le polveri sono tali da impedire pressoché completamente l'utilizzo dell'elettrofiltro come unico mezzo di abbattimento delle polveri.
La sua funzione è comunque sempre di primo piano soprattutto, come sarà descritto in seguito, nel caso sia previsto l'impiego unicamente di tecnologie di depurazione dei fumi a secco che fanno uso di composti altamente reattivi (es.: bicarbonato di sodio).
Infatti tramite una filtrazione in due stadi successivi è possibile mantenere separati due flussi

di residui, di cui il primo contenente la quasi totalità delle polveri (separate tramite elettrofiltro o filtro a maniche) e la seconda (separata tramite filtro a maniche) costituita essenzialmente da sali (sodici) di reazione e da carbonato di sodio (eccesso di reagente impiegato) che, come si è visto, può essere oggetto di recupero per impieghi industriali in una piattaforma dedicata.

D.3.3 La rimozione degli inquinanti

I processi più utilizzati per la depurazione degli inquinanti contenuti nei fumi possono essere classificati, in funzione del principio chimico-fisico di trattamento che li caratterizza, in:

- Processi di filtrazione/adsorbimento ("a secco", "a semisecco");
- Processi di assorbimento ("ad umido", eventualmente senza scarichi liquidi e/o con l'impiego di reagenti specifici);
- Processi di adsorbimento specifici ("a secco" o "a semisecco" con iniezione di carbone attivo o coke, "polishing" finale con iniezione di carbone e filtrazione, a valle di un sistema "ad umido");
- Processi riduttivi/ossidativi, quali la riduzione degli ossidi di azoto effettuata per via catalitica ("DeNO$_x$ SCR") o non catalitica ("DeNO$_x$ SNCR").

Nella tabella D.3.3 viene riportata una classificazione schematica dei vari processi di trattamento e dei relativi sistemi attraverso i quali essi vengono applicati, nonché un'indicazione dei rispettivi vantaggi e svantaggi.

Tabella D.3.3 - Classificazione e prestazioni dei sistemi di trattamento dei fumi

Processo	Trattamento	Inquinanti	Note
Filtrazione/assorbimento	"A secco"	Polveri, metalli pesanti adsorbiti, gas acidi	Prestazioni medio-buone, in funzione del reagente impiegato.
	"A semisecco"	Polveri, metalli pesanti adsorbiti, gas acidi	Buone prestazioni, consumi medi di reagenti
Assorbimento	"Ad umido"	Polveri, metalli pesanti, gas acidi, aerosols	Alte prestazioni, ridotti consumi di reagenti
	"Ad umido" con additivi specifici	Polveri, metalli pesanti, gas acidi, aerosols, diossine	Come "ad umido", ma con rimozione anche di diossine
Adsorbimento	"Iniezione di carbone attivo"	Hg, diossine, altri micro-inquinanti organici	Efficiente rimozione di diossine e mercurio
Ossidazione/riduzione	DeNO$_x$ SNCR	NO$_x$	Rimozione e distruzione di NO$_x$
	DeNO$_x$ SCR	NO$_x$, diossine	Efficiente rimozione e distruzione di NO$_x$ e diossine

Fonte:elaborazione ENEA

Nella tabella D.3.4 viene riportata invece, in forma qualitativa, l'applicabilità e l'efficacia dei vari sistemi di trattamento alle varie tipologie di inquinanti presenti nei fumi di incenerimento.
Di seguito verranno brevemente descritti i vari sistemi di trattamento dei fumi, rimandando ai capitolo F, G ed H una trattazione di maggiore dettaglio degli stessi riguardo alla loro

applicabilità, efficacia ed idoneità a costituire, da soli o in combinazione fra di loro, possibili BAT per la riduzione dell'inquinamento atmosferico derivante dall'incenerimento dei rifiuti.
I **sistemi a secco** si basano sull'assorbimento dei gas acidi tramite un reagente iniettato nella corrente dei fumi, costituito da calce idrata o da bicarbonato di sodio.
I sistemi a secco sono i sistemi più semplici e di facile gestione, anche se, nel caso di impiego di calce, per raggiungere buone efficienze di rimozione necessitano di un elevato ricircolo del reagente.
Prevedono la presenza di un reattore di neutralizzazione dei gas acidi nel quale avviene l'iniezione del reagente alcalino in fase solida, cui segue un sistema di abbattimento dei sali di reazione e delle polveri trascinate (spesso un filtro a maniche su cui avviene il completamento delle reazioni).
Generalmente non necessitano di acqua; in tal modo si ha assenza di effluenti liquidi, garantendo buone rese di rimozione degli inquinanti.
Nel caso di utilizzo della calce idrata, può essere richiesto l'impiego di una torre di condizionamento dei fumi con la funzione di controllare le condizioni ottimali di temperatura e l'umidità dei fumi. L'iniezione congiunta di carbone attivo permette l'assorbimento di Hg e PCDD/PCDF.
Sono applicabili preferibilmente ad impianti con rifiuti di caratteristiche non molto variabili (rifiuti pre-trattati, rifiuti speciali piuttosto omogenei).
In generale i trattamenti a secco producono una quantità più elevata di residui solidi rispetto ai trattamenti ad umido, in funzione del tipo di reagente impiegato o del grado di ricircolo di reagenti applicato.
Tale effetto può essere parzialmente limitato tramite l'alimentazione di reagente alcalino direttamente in camera di combustione (possibile solo nel caso del letto fluido); i vantaggi conseguibili sono comunque limitati.

Tabella D.3.4 - Applicabilità dei sistemi di trattamento alle varie tipologie di inquinanti

Inquinante / *Trattamento*	*Polveri*	*Gas acidi*	*Metalli (adsorbiti)*	*Metalli (vapori)*	*Gas tossici (Cl_2, Br_2)*	*NO_x*	*Diossine*	*Odori*	*Aerosols*
Secco	+++	++ (1)	+++				+		+
Semisecco	+++	++	+++	+			+		++
Umido	+++	+++	+++	+++	++		+	+	+++
Umido con additivi	+++	+++	+++	+++	+++	(+)	++	++	+++
Secco/semisecco + iniezione carboni attivi	+++	++	+++	+++			++(+)	+	++
SNCR						++	(+)		
SCR					+	+++	+++	+	

Fonte: Elaborazione ENEA
(1) In funzione del reagente impiegato
Legenda
+ = prestazioni medie
++ = prestazione buone
+++ = prestazioni ottimali

I sistemi a semisecco sono schematicamente costituiti da un reattore di neutralizzazione seguito da un filtro a maniche. L'iniezione del reagente avviene sottoforma di soluzione/sospensione acquosa opportunamente nebulizzata al fine di favorirne la dispersione nella corrente gassosa; l'evaporazione dell'acqua ha inoltre la funzione di consentire un

abbassamento della temperatura dei fumi.
L'efficienza di questi sistemi è funzione di molti parametri, tra i quali si possono citare la temperatura (temperature più basse favoriscono la rimozione degli inquinanti), il contenuto di umidità dei fumi, l'eccesso ed il grado di atomizzazione del reagente (in genere latte di calce).
L'efficienza di rimozione degli inquinanti acidi è comunque paragonabile a quella dei sistemi ad umido, anche se la risposta ad eventuali picchi inquinanti è più lenta. Necessitano di una quantità di acqua nettamente inferiore rispetto ai sistemi ad umido e non danno luogo a scarichi liquidi.
Necessitano di un sistema di abbattimento dei sali di reazione (solitamente filtri a maniche che garantiscono elevata efficienza e semplicità).
Se insieme al reagente alcalino vengono iniettati carboni attivi, garantiscono la rimozione anche di Hg e PCDD/PCDF.
Sono sistemi semplici, necessitano solo di un buon controllo della temperatura dei fumi e della concentrazione del reagente sia per ottimizzare le reazioni di neutralizzazione, sia per non rischiare corrosioni e/o formazione di agglomerati indesiderati.
Sono applicabili preferibilmente ad impianti con rifiuti di caratteristiche abbastanza omogenee e costanti (rifiuti pre-trattati, particolari tipologie di rifiuti speciali).
I sistemi ad umido consentono di raggiungere rendimenti particolarmente elevati nella rimozione degli inquinanti gassosi accoppiati ad un consumo di reagenti relativamente basso e ad una ridotta produzione di residui. Per contro danno luogo a residui liquidi da trattare e riducono i livelli di recupero energetico conseguibile.
Si tratta di sistemi che sfruttano l'azione di colonne di lavaggio ("scrubber") solitamente a più stadi (acqua, soda ed eventuale primo stadio acido) per neutralizzare gli inquinanti contenuti nei fumi.
Sono i sistemi che garantiscono la migliore efficienza di rimozione, ma hanno bisogno di elevati quantitativi di acqua e della possibilità di trattarla a valle del processo, prima di poterla scaricare. Riescono ad abbattere le polveri solo in parte e quindi necessitano spesso di un filtro depolveratore a monte (filtro elettrostatico, a maniche, cicloni).
Sono in grado di abbattere il mercurio se dotati di uno stadio acido per poterlo scaricare come cloruro, o se operanti a bassa temperatura (condensazione Hg); a volte tale tecnica di abbattimento del mercurio può risultare non sufficiente a garantire il limite di emissione (0,05 mg/Nm^3) previsto dal D.Lgs. 133/05, quindi deve essere associata all'impiego di carboni attivi tramite iniezione in linea o passaggio su letto fisso. Tale sistema è efficiente anche per il conseguimento dei limiti di emissione dei PCDD/F.
I sistemi misti sono del tipo multistadio e si basano su una combinazione di quelli a semisecco con quelli ad umido.
Tale configurazione permette di raggiungere elevate efficienze di depurazione e di consentire eventualmente la marcia dell'impianto anche nel caso di anomalia di uno degli stadi che compongono la linea di depurazione dei fumi.
Un aspetto senza dubbio interessante riguarda la possibilità di eliminare gli scarichi liquidi, tramite un'eventuale loro ricircolazione alla sezione di preparazione del latte di calce. In questo caso risulta di fondamentale importanza l'adozione di misure (verifica e adeguata manutenzione dei filtri depolveratori e dello scrubber, impiego di sistemi di filtrazione sulla linea di ricircolo dell'acqua) tese ad evitare un eventuale rilascio incontrollato di microinquinanti (diossine, mercurio) adsorbiti sulle polveri disperse nelle acque di lavaggio, originabile da fenomeni di evaporazione/desorbimento preferenziali causati dal notevole incremento di temperatura tra l'uscita dello scrubber ed il reingresso a monte nella sezione di trattamento dei fumi.
Possono inoltre essere presenti sistemi specifici di abbattimento degli ossidi di azoto e dei microinquinanti (metalli e diossine).

Le concentrazioni di ossidi di azoto attualmente rilevate in uscita da impianti di combustione di rifiuti sono mediamente comprese fra 300-400 mg/Nm^3. Il conseguimento del limite normativo di 200 mg/Nm^3 per gli NO_x può dunque essere raggiunto solo con l'adozione di misure secondarie. I due processi normalmente impiegati sono del tipo a rimozione catalitica selettiva (SCR) e non catalitica (SNCR).
Il sistema SCR consiste in un apposito reattore posto nella linea di depurazione dei fumi nel quale viene iniettata ammoniaca nebulizzata che reagisce, su un supporto catalitico, con gli NO_x dando luogo alla formazione di azoto e di acqua.
Tali sistemi consentono di raggiungere abbattimenti molto elevati (70-90%). La loro installazione appare giustificata solo quando sia veramente necessario il conseguimento di livelli di concentrazioni di NO_x molto bassi, in quanto caratterizzati da costi di investimento e di esercizio elevati. Tali sistemi si sono inoltre dimostrati efficaci anche nella rimozione finale dei composti organoclorurati (diossine).
Il sistema SNCR consiste invece in un'iniezione di una soluzione acquosa di reagente (urea o ammoniaca) all'interno del generatore di vapore, in un campo di temperature comprese, di norma, tra 850-1050 °C.
Esso è caratterizzato da una minore complessità impiantistica e gestionale rispetto al sistema SCR, con costi oltretutto accettabili. I livelli di abbattimento riscontrati variano tra il 50 ed il 70% (sufficienti per il rispetto degli attuali limiti normativi), con eccessi di reagenti variabili tra il 20 e l'80%.
Riguardo ai microinquinanti inorganici (metalli pesanti) occorre ricordare che essi sono presenti sia in fase solida che vapore; la maggior parte condensano durante il trattamento dei fumi, concentrandosi nelle polveri. La loro rimozione dipende quindi, principalmente, dall'efficienza del depolveratore, soprattutto nei confronti delle particelle submicroniche.
Gli attuali sistemi di depurazione consentono di raggiungere efficienze di rimozione dei metalli del 96-99%, fatta eccezione per il mercurio che, a causa della sua elevata volatilità, è presente nei fumi prevalentemente in fase vapore.
Il crescente interesse dimostrato verso il controllo di tale inquinante, anche a seguito delle preoccupazioni sui potenziali effetti negativi sulla salute, ha portato a fissare il limite, a livello europeo e nazionale, di 0,05 mg/Nm^3. Conseguentemente si rende necessaria l'adozione di sistemi di trattamento ad umido ovvero ricorrere all'iniezione di carboni attivi nei sistemi a secco e semisecco. Alcune esperienze europee, fatte sull'impiego di tali accorgimenti, hanno dimostrato che è possibile raggiungere efficienze di abbattimento del mercurio fino al 97 %.
Per quanto riguarda le diossine è ormai dimostrato che il solo controllo dei parametri della combustione e post-combustione (tempo, temperatura, turbolenza) non è condizione sufficiente a garantire i livelli di emissione fissati dai recenti sviluppi normativi a livello comunitario e nazionale (0,1 ng/Nm^3 TE).
Per il conseguimento di tali livelli di concentrazione occorre dunque procedere attraverso un meccanismo di chemi-adsorbimento, cioè un passaggio dalla fase vapore a quella condensata adsorbita su superfici solide. Tale passaggio è favorito dall'abbassamento della temperatura e dall'impiego di materiali con spiccate caratteristiche adsorbenti quali i carboni attivi.

D.4 Il recupero energetico dalla combustione dei rifiuti

Il recupero di energia dall'incenerimento ha iniziato a svilupparsi negli anni '70 quando si è integrata l'apparecchiatura di combustione con trattamenti piuttosto semplificati di depurazione finalizzati dapprima alla riduzione del carico di polveri e, successivamente, anche all'abbattimento dei gas acidi presenti nei fumi.

Esso viene effettuato attraverso il recupero del calore che deriva dal raffreddamento dei fumi che si rende necessario per il loro successivo trattamento. Il recupero avviene sotto forma di

produzione di energia elettrica e/o termica, ottenuta attraverso l'impiego del vapore generato in un'apposita caldaia, concettualmente costituita da uno scambiatore di calore acqua-fumi.

In pratica lo schema impiantistico è del tutto simile a quello tipico delle centrali termoelettriche, anche se le condizioni operative (pressione, temperatura) sono assai meno severe, a causa della presenza nei fumi di composti corrosivi e di ceneri trascinate che possono dare luogo a fenomeni di corrosione e erosione, nonché alla formazione di depositi ("slagging") sulle pareti di scambio termico.

L'introduzione della camera di post-combustione poi, così come avvenuta in Italia con la Deliberazione 27.7.1984, aveva creato uno schema concettuale abbastanza semplice, ma, nello stesso tempo piuttosto rigido, non privo di complicazioni operativo-gestionali e sicuramente deleterio dal punto di vista energetico. In pratica l'impianto era costituito da un susseguirsi di sottosistemi, quasi o nulla interfacciati fra di loro, nei quali erano realizzate le varie fasi del processo di trattamento.

Negli impianti di nuova generazione si assiste, invece, ad una forte integrazione delle fasi di combustione/post-combustione/recupero di calore. Il generatore di vapore non è più uno scambiatore di calore posto a valle, ma diviene una vera e propria caldaia a combustione (a griglia, a letto fluido) raffreddata dai tubi di generazione, nella quale le suddette fasi ovviamente permangono, ma non più separate fisicamente come in passato. In tal modo è possibile conseguire rendimenti superiori, mantenendo, al tempo stesso, le condizioni operative (temperatura, tempo di permanenza, turbolenza) necessarie per la distruzione dei composti tossici eventualmente prodotti dalla termodistruzione dei rifiuti.

In pratica, effettuare il recupero energetico ha come conseguenza, a causa delle esigenze sia di limitare l'impatto sull'ambiente sia di incrementare i livelli di recupero (per motivazioni non solo economiche, ma anche ambientali) la realizzazione di impianti piuttosto complessi che, specie nel caso di taglia medio-grande, sono molto simili ad una vera e propria centrale termoelettrica.

La scelta del tipo di energia da recuperare (elettrica, termica oppure di entrambe, come nel caso della co-generazione) è dettata pressoché totalmente da fattori locali (vedi anche paragrafo E.2.1.9).

La produzione di energia termica, da cedere a terzi sia per impieghi civili (teleriscaldamento/refrigerazione, produzione di acqua sanitaria) o industriali (vapore o acqua calda di processo) dovrebbe essere favorita in quanto con questa tecnica è possibile limitare la consistente penalizzazione dell'efficienza di recupero (rendimento di conversione), conseguenti alla natura altamente aggressiva dei fumi di combustione. Nel caso della produzione di energia elettrica tale fenomeno negativo è maggiormente avvertito, a causa delle condizioni operative più severe richieste per il vapore surriscaldato da inviare in turbina, che possono dare luogo a marcati fenomeni di corrosione e/o erosione.

Queste influenze negative risultano meno marcate nella produzione di sola energia termica per cui, soprattutto nella produzione di acqua calda, i rendimenti di conversione in energia possono risultare del tutto simili a quelli delle apparecchiature alimentate con combustibili fossili tradizionali. Per contro la richiesta di energia termica è di norma soggetta a forte variazioni sia su base stagionale (è il caso del teleriscaldamento), sia nel breve-medio periodo, in funzione dei fabbisogni energetici delle utenze Terze.

La produzione di energia elettrica, invece, risulta pressoché indipendente dalla richiesta di Terzi, in quanto il surplus prodotto può essere, in qualsiasi momento, immesso sulla rete nazionale di distribuzione. Essa presenta inoltre il vantaggio di poter usufruire degli incentivi previsti per l'impiego di fonti rinnovabili di energia (attualmente i "certificati verdi", in precedenza le tariffe di cessione contemplate dalla delibera CIP n. 6/1992) che, soprattutto per gli impianti di taglia medio-grande, permettono di conseguire sensibili riduzioni della tariffa

di smaltimento dei rifiuti. Per contro i livelli di recupero in energia conseguibili in un moderno impianto di incenerimento, anche di taglia medio-grande, risultano ancora significativamente inferiori di quelli tipici di una centrale termoelettrica di tipo tradizionale.

D.4.1 Produzione di energia elettrica

D.4.1.1 Il generatore di vapore

Il generatore di vapore è usualmente del tipo a "piccolo volume d'acqua" ed è normalmente costituito da tre sezioni così suddivise in base al percorso dei fumi:

- i tubi vaporizzatori, dove l'acqua di alimento viene trasformata in vapore saturo;
- il surriscaldatore, che trasforma il vapore saturo in surriscaldato, con grado di surriscaldamento mediamente compreso tra 100-150 °C;
- l'economizzatore per il recupero di parte dell'energia termica ancora presente nei fumi per il preriscaldamento dell'acqua di alimento prima dell'immissione nel corpo cilindrico.

I fumi in uscita dalla camera di combustione entrano nel generatore di vapore ad una temperatura dell'ordine dei 1000 °C (valore di temperatura ottimale per evitare fenomeni di corrosione tra gli acidi presenti nei fumi ed il carbonio costituente i tubi vaporizzanti) ed escono ad una temperatura pari a circa 200 °C, onde evitare fenomeni di corrosione sui tubi dell'economizzatore a causa della possibile formazione di condense acide.
La pressione di esercizio del generatore di vapore è, di norma, attorno ai 40 bar con una temperatura del vapore surriscaldato in uscita dal generatore di circa 400 °C.
Il generatore di vapore è provvisto di sistemi per la pulizia sia dei tubi vaporizzatori sia dei banchi di surriscaldamento costituiti, da soffiatori di tipo fisso o retrattile a vapore ad alta pressione o di tipo meccanico per la rimozione delle poveri depositatesi.
Il generatore di vapore è alimentato con acqua demineralizzata e pressoché priva di ossigeno, per la cui produzione viene previsto un idoneo sistema di trattamento di tipo convenzionale, costituito da un impianto di demineralizzazione cui seguono la degasazione termo-fisica e l'aggiunta di opportuni additivi.

D.4.1.2 Il ciclo termico a vapore

Il vapore surriscaldato in uscita dal generatore di vapore viene immesso nella turbina attraverso opportune valvole di intercettazione e regolazione che modulano la portata in funzione del carico del forno.
La turbina a vapore può essere del tipo con palettatura ad azione o ad azione-reazione, con condensazione del vapore tramite refrigerante ad aria ovvero, in caso di disponibilità di idonei quantitativi di acqua di raffreddamento (in prossimità di un corso d'acqua o del mare) tramite uno scambiatore ad acqua. Quest'ultima soluzione permette di conseguire maggiori rendimenti poiché, operando a temperature più basse, consente di sfruttare il salto entalpico fino a pressioni dell'ordine di 0,08-0,10 bar a, valori non raggiungibili con un condensatore ad aria.
Qualora il recupero energetico non abbia come fine unicamente la produzione di energia elettrica ma sia prevista una cogenerazione (produzione combinata di energia elettrica e termica) nella zona della palettatura a media pressione della turbina viene realizzato uno spillamento di una parte del vapore da impiegare, ad esempio, in uno scambiatore di calore per la produzione di acqua calda per una rete di teleriscaldamento.

D.4.1.3 Il generatore di energia elettrica

L'alternatore accoppiato ad una turbina a vapore è, di norma, del tipo bipolare o quadripolare per cui avrà, in funzione del numero di poli, una velocità di 3.000 o 1.500 g/min.
La trasmissione del numero di giri dal rotore della turbina al rotore dell'alternatore è, ove richiesto, realizzata tramite un riduttore di giri (10.000/3.000 o 10.000/1.500).

D.4.2 La produzione di energia termica

In questo caso il vapore in uscita dal generatore, se non esportato tal quale o desurriscaldato in impianti Terzi per usi di processo, viene inviato ad uno scambiatore di calore vapore/acqua calda, che costituisce la fornitura all'utente finale.
Nel caso di generatore per la produzione di vapore per teleriscaldamento, le condizioni operative (pressione e temperatura) sono di molto inferiori a quelle richieste per la produzione di energia elettrica, in genere pari a quelle strettamente necessarie per la produzione di acqua calda surriscaldata a 120 °C ed ad una pressione di 1,5-2,0 bar (i valori effettivi sono funzione della rete di distribuzione e del tipo di utilizzatori).

E) DESCRIZIONE DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE BAT, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO, OVE DISPONIBILI, ALLE CONCLUSIONI DEI BREF

E.1 Migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

Nel presente capitolo viene riportata una sintesi del documento "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration" (BRef on Waste Incineration), disponibile come Final Draft dal Luglio 2005.
Le informazioni riportate di seguito devono essere integrate con le descrizioni esposte nei capitoli successivi (F,G) ed al capitolo D, dove sono descritte in maggior dettaglio.
In particolare si sottolinea il fatto che l'abbinamento "tipologia di rifiuti da trattare/tecnologia di combustione" non risulta vincolante, ma riveste solo carattere informativo, essendo possibile il trattamento di uno specifico rifiuto in differenti tipologie di apparecchiature, soprattutto in caso di co-incenerimento (vedi anche tabelle D.2.1 e D.2.5).

E.2 Aspetti tecnici e tecnologici dello specifico settore

E.2.1 Aspetti generali

E' importante il mantenimento di condizioni ottimali nel sito dell'impianto, ponendo particolare attenzione alla manutenzione delle attrezzature ed allo svolgimento di verifiche ed ispezioni preventive, al fine di garantire l'efficienza dell'impianto.
Effettuare un accurato controllo di qualità sui rifiuti in ingresso all'impianto, attraverso:

- Definizione dei limiti di accettazione dei rifiuti in ingresso, ed identificazione dei rischi possibili per ciascuna tipologia di rifiuto potenzialmente trattabile dall'impianto. In particolare, prevedere controlli, campionamenti e determinazioni analitiche sui rifiuti in ingresso (caratteristiche chimico–fisiche, classificazione del rifiuto)
- Comunicazione con i fornitori dei rifiuti
- Rilevazione di materiali radioattivi

Oltre al rispetto delle norme di sicurezza previste, si favorisca lo sviluppo di un piano di prevenzione, individuazione e controllo dei rischi d'incendio nel sito dell'impianto, in particolare per:

- Aree di stoccaggio e pretrattamento
- Aree di alimentazione della camera di combustione
- Sistemi elettrici di controllo
- Filtri a manica e precipitatori elettrostatici

Nella pianificazione delle attività dell'impianto, adottare un regime operativo e sistemi di procedure che minimizzino le fasi di accensione e spegnimento dell'impianto sia pianificate che non pianificate.

E.2.2 Trattamento dei rifiuti urbani indifferenziati

E.2.2.1 Raccolta e pretrattamento fuori dall'impianto di incenerimento

Le metodologie di raccolta e di pretrattamento dei rifiuti influiscono sulle caratteristiche del rifiuto. In particolare in funzione dei materiali che vengono rimossi si ha una variazione del potere calorifico.

E.2.2.2 Pretrattamento dei rifiuti all'interno dell'impianto di incenerimento

Di norma il pretrattamento effettuato presso l'impianto di incenerimento prevede la selezione e triturazione dei rifiuti nel caso di impiego della tecnologia di combustione a letto fluido, mentre non risulta necessario per i forni a griglia.
Una tipologia di rifiuti che necessita di un trattamento meccanico di triturazione, indipendentemente dalla tecnologia di combustione adottata, è quella dei rifiuti ingombranti.
A tale scopo vengono usati i seguenti componenti:

- trituratori a lame;
- trituratori tipo "shredder";
- mulini;
- trituratori rotanti;

Ulteriori pretrattamenti (rimozione metalli, essiccamento ecc.), non necessari per i forni a griglia, possono essere richiesti per l'alimentazione di altri tipi di forno.
Per motivi di sicurezza antincendio possono essere richieste inoltre:

- la separazione delle aree di scarico da quelle di stoccaggio;
- la separazione degli impianti oleodinamici dai componenti preposti alla triturazione;
- dispositivi di raccolta dell'olio;
- aperture di sfogo per ridurre danneggiamenti dovuti ad eventuali esplosioni.

E.2.2.3 Stoccaggio dei rifiuti ed alimentazione

E.2.2.3.1 Consegna dei rifiuti

I mezzi di conferimento arrivano nell'area di consegna dove scaricano i rifiuti dentro la fossa di stoccaggio. Lo scarico avviene attraverso appropriate aperture posizionate tra l'area di consegna e la fossa rifiuti. Le aperture sono dotate di portoni scorrevoli, a chiusura tale da consentire la tenuta ed evitare la fuoriuscita di odori.
E' necessario assicurarsi che lo stoccaggio dei rifiuti sia adeguato ai rischi associati alle loro caratteristiche e proprietà chimico-fisiche, al fine di minimizzare il rischio di rilascio di inquinanti. In generale utilizzare aree dotate di superfici impermeabilizzate e resistenti, con adeguati sistemi di drenaggio. Prendere in considerazione le BAT presenti nel "Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage – January 2005", qualora siano applicabili.
In generale è auspicabile l'utilizzo di tecniche e procedure finalizzate alla minimizzazione della durata dello stoccaggio, in modo da ridurre i rischi di emissioni/perdite dalle aree di stoccaggio ed il deterioramento dei contenitori.

E.2.2.3.2 Fossa rifiuti

La fossa rifiuti è, di solito, realizzata in calcestruzzo ed impermeabilizzata. All'interno di essa i rifiuti sono miscelati mediante una benna a polipo montata su un carroponte. Per la protezione contro gli incendi l'area della fossa rifiuti è dotata di sistemi di rilevazione e di

sistemi automatici di spegnimento ad acqua. La cabina di alloggiamento dell'operatore del carroponte è posizionata in modo da consentire una buona panoramica dell'intera fossa rifiuti ed è munita di un sistema di ventilazione indipendente rispetto alla fossa.
L'aria di combustione per l'impianto di incenerimento viene estratta dalla fossa rifiuti allo scopo di evitare la dispersione di odori e l'emissione di polveri da tale zona dell'impianto.
La capacità di stoccaggio della fossa è solitamente pari a 3-4 giorni di funzionamento dell'impianto nelle condizioni di progetto; essa risulta variabile in funzione delle caratteristiche dei rifiuti e di eventuali vincoli caratteristici del sito nel quale l'impianto è installato.

E.2.2.3.3 Alimentazione

L'alimentazione dei rifiuti viene di norma effettuata tramite gru a ponte o simili, munita di benna a polipo o a valve che scarica nelle apposite tramogge di carico dei forni, aventi la funzione di "regolatore" di flusso del materiale alimentato in maniera discontinua.
Per il caricamento delle tramogge ci si avvale di automatismi e telecamere; è buona norma prevedere un sistema di pesatura in automatico collegato con la/e benna/e di alimentazione.
Tra la tramoggia ed il forno è presente un sistema di dosaggio dei rifiuti, comandato meccanicamente o idraulicamente, in grado regolare il quantitativo di materiale immesso in camera di combustione in funzione delle condizioni operative richieste.

E.2.2.4 Combustione

Forni a griglia

Il forno a griglia si compone essenzialmente dei seguenti componenti:

- sistema di alimentazione;
- griglia di incenerimento;
- sistema di rimozione delle scorie;
- sistema di distribuzione dell'aria di combustione;
- camera di combustione;
- bruciatori ausiliari.

La tramoggia di alimentazione è riempita in discontinuo per mezzo di una benna montata su carroponte.
La configurazione geometrica della tramoggia deve essere tale da evitare la formazione di ponti e blocchi dell'alimentazione.
Le pareti del canale di alimentazione sono solitamente raffreddate. Il canale di alimentazione è dotato di una serranda di intercettazione che consente, in caso di svuotamento del canale, di evitare ritorni di fiamma e di prevenire eventuali infiltrazioni di aria. Fra la parte bassa del canale di alimentazione e il forno è installato un meccanismo di dosaggio del rifiuto che può essere azionato per via meccanica o idraulica.
La griglia di incenerimento compie le seguenti funzioni:

- alimentazione e distribuzione del materiale (rifiuti) da incenerire;
- trasporto dei rifiuti attraverso il forno;
- posizionamento della zona di effettivo incenerimento all'interno della camera, asservito al sistema di controllo della combustione.

Il sistema di scarico delle scorie ha la funzione di rimuovere e raffreddare i residui solidi della combustione dei rifiuti; inoltre esso deve garantire la tenuta all'aria del forno. Sono comunemente usati sistemi in bagno d'acqua con pistone o a trascinamento.
Il progetto della camera di combustione, che può avere pareti raffreddate o meno, è influenzato da:

- <u>forma e dimensione della griglia</u>, che determinano le dimensioni in pianta della camera di

combustione;

- grado di turbolenza e rimescolamento dei fumi, necessari per il conseguimento di condizioni di combustione ottimali;
- tempo di residenza dei fumi, necessario per il completamento delle reazioni di combustione;
- parziale raffreddamento dei fumi: al fine di evitare la fusione di ceneri di combustione bassofondenti.

Riguardo al moto relativo rifiuti-fumi di combustione sono possibili le seguenti configurazioni:

- forni in equicorrente, che consentono ai fumi un maggiore tempo di residenza nell'area di ignizione e attraversano la zona a temperatura più elevata. L'aria primaria deve essere preriscaldata;
- forni in controcorrente, idonei per il trattamento di rifiuti a più basso potere calorifico in quanto i fumi caldi favoriscono l'ignizione del materiale. Necessitano, per un corretto funzionamento, di maggiori quantitativi di aria secondaria;
- forni a flusso incrociato che risultano essere un compromesso fra le precedenti configurazioni, adattandosi ad un ampio spettro di tipologia di rifiuti.

L'alimentazione dell'aria svolge le seguenti funzioni:

- fornire l'agente ossidante;
- raffreddare la griglia;
- evitare la fusione delle scorie all'interno della camera di combustione;
- favorire la miscelazione dei gas di combustione.

Essa viene ripartita in aria primaria e secondaria anche se, talvolta, sono previste immissioni terziarie nonché il ricircolo di parte dei fumi di combustione.

La camera di combustione è provvista di bruciatori ausiliari aventi le seguenti funzioni:

- preriscaldamento della camera di combustione in fase di avviamento;
- supporto della combustione in caso di mancato mantenimento delle condizioni operative prescritte dalla normativa;
- supporto della combustione durante la fase di spegnimento dell'apparecchiatura.

La concentrazione di monossido di carbonio nei fumi di combustione è un indicatore chiave dei livelli di qualità della combustione. Valori di CO inferiori a 50 mg/m^3 (come valore medio giornaliero) sono indice del conseguimento di buoni livelli di efficienza di combustione.

E.2.3 Trattamento dei rifiuti pretrattati

E.2.3.1 Forni a letto fluido

I sistemi a letto fluido sono impiegati da decenni per la combustione di combustibili fossili e di rifiuti caratterizzati da una certa omogeneità. La natura eterogenea di alcuni rifiuti rende questa tecnologia non idonea senza la presenza a monte di un sistema di pretrattamento.

Uno dei principali vantaggi del letto fluido è il conseguimento di temperature piuttosto uniformi e costanti.

In fase di avviamento il letto fluido deve essere preriscaldato alla temperatura minima di accensione del combustibile (rifiuto), mediante dei bruciatori ausiliari alimentati ad olio o metano.

E.2.3.2 Caldaie a letto fluido

Il combustibile, in pezzatura indicativa compresa fra 50 e 200 mm, viene alimentato uniformemente e miscelato con il materiale del letto.
Il meccanismo di trasferimento del calore all'interno del letto consente di operare a temperature più basse (850-900 °C) con conseguente minore formazione di NO_x di origine termica.
Una caldaia a letto fluido da 20 MW impiega 35.000-40.000 t/a circa di combustibile, costituito da rifiuti speciali o combustibili derivati da RU.
Per la produzione di energia elettrica si impiegano apparecchiature di taglie maggiori (indicativamente 50-100 MW), al fine di incrementare i livelli di rendimento di recupero conseguibili.
A causa dei pretrattamenti del rifiuto che si rendono necessari, le scorie (ceneri pesanti) del sistema di combustione a letto fluido risultano migliori sotto l'aspetto qualitativo, oltre ad essere quantitativamente minori rispetto a quelle derivanti dai forni a griglia.

E.2.3.3 Pirolisi e gassificazione

Questi processi, pur se sviluppati da tempo per applicazioni su combustibili fossili o materiali omogenei, non hanno ancora raggiunto la piena maturità commerciale per il loro impiego al trattamento dei rifiuti, anche se sono presenti alcuni esempi relativi al trattamento di rifiuti pretrattati e/o speciali.
Per una descrizione di dettaglio dei processi si rimanda al capitolo G.

E.2.3.3.1 Pirolisi
Gli impianti di pirolisi per il trattamento dei rifiuti sono schematizzabili in due stadi successivi di trattamento individuabili in:
- pirolisi dei rifiuti con produzione di gas di pirolisi e di un residuo solido carbonioso;
- trattamenti secondari dei prodotti gassosi e solidi, ai fini del loro impiego come combustibile o materia secondaria.

I potenziali vantaggi del processo di pirolisi sono:
- la possibilità di recupero di materiali;
- il potenziale incremento del rendimento di conversione in energia elettrica, tramite l'impiego del gas derivato in motori a combustione interna o turbine a gas in ciclo combinato;
- riduzione dei volumi dei gas da trattare, rispetto alla combustione diretta dei rifiuti.

Per il trattamento di rifiuti di origine urbana sono attualmente operativi due impianti in Germania.

E.2.3.3.2 Gassificazione
Per l'impiego del processo di gassificazione è necessario che il materiale da trattare possieda caratteristiche piuttosto omogenee e costanti, ottenibili, ad esempio, mediante pretrattamento dei rifiuti urbani.
I rifiuti liquidi possono essere alimentati direttamente all'apparecchiatura di gassificazione.
Alcuni esempi di gassificazione di rifiuti speciali o derivati da rifiuti urbani sono attualmente presenti in Germania.

E.2.3.3.3 Processi combinati
I processi combinati sono costituiti dall'accoppiamento di due o più processi di trattamento

termico.
Tra le possibili combinazioni le più applicate sono costituite da:

- pirolisi dei rifiuti e successivo incenerimento dei prodotti ottenuti;
- pirolisi dei rifiuti e successiva gassificazione dei prodotti ottenuti;
- pirolisi dei rifiuti e successivo impiego dei prodotti come combustibili alternativi in un impianto di generazione di energia elettrica e/o termica.

E.2.4 Trattamento dei rifiuti pericolosi

Dal punto di vista di principio l'incenerimento di rifiuti pericolosi non differisce sostanzialmente da quello previsto per il trattamento di rifiuti speciali o di origine urbana pretrattati.
Lo scopo principale è, in questo caso, costituito dalla termodistruzione del rifiuto tramite ossidazione dei composti organici pericolosi e l'eventuale inglobamento dei composti inorganici in materiali a consistenza vetrosa poco lisciviabili, tramite il mantenimento di temperature operative elevate (1.200-1.300 °C) che portano alla fusione degli inerti (funzionamento "a scorie fuse").

E.2.4.1 Sistemi di stoccaggio ed alimentazione

Soprattutto nel caso di impianti operanti per conto Terzi il sistema di stoccaggio deve includere:

- fossa di stoccaggio per rifiuti allo stato sfuso;
- serbatoi di stoccaggio di rifiuti liquidi;
- area di stoccaggio per rifiuti in fusti e relativo sistema di alimentazione;
- eventuale sistema di alimentazione diretta di sostanze tossiche, reattive o corrosive dai mezzi di trasporto.

E.2.4.2 Alimentazione e pretrattamenti

A causa della notevole eterogeneità dei rifiuti in ingresso possono essere richiesti, soprattutto nel caso di impianti conto Terzi, dei pretrattamenti, costituiti principalmente da:

- sistema di omogeneizzazione ed equalizzazione dei rifiuti (appartenenti alla stessa categoria dell'allegato G alla parte IV del D.Lgs. 152/2006), finalizzato all'ottenimento di "mescole", con caratteristiche piuttosto costanti;
- sistemi di triturazione dei fusti, eventualmente accoppiati con sistemi di miscelazione;
- correzione del pH a valori ottimali (di norma 4÷12);
- essiccamento e/o solidificazione dei fanghi.

E.2.4.3 Apparecchiature di combustione

In entrambi i casi l'apparecchiatura più utilizzata, a causa della sua flessibilità, è il tamburo rotante, operante indicativamente a temperature comprese fra 900 °C e 1300 °C.
Tale apparecchiatura è in grado di accettare differenti tipologie di rifiuti in proporzioni variabili:

- rifiuti solidi 10-70%;
- rifiuti liquidi 25-70%;
- rifiuti pastosi 5-30%;
- fusti fino al 15%.

Tuttavia, specie per gli impianti conto proprio, possono essere previste altre specifiche apparecchiature (camere statiche, bruciatori a fiamma rovesciata, ecc.) in funzione della particolare tipologia di rifiuti trattati.
Per la distruzione di rifiuti altamente pericolosi (ceneri da incenerimento, amianto, PCB, ecc.) può trovare applicazione la tecnologia dell'arco-plasma, qualora risulti economicamente conveniente.

E.2.4.4 Raffreddamento fumi e recupero energetico

Il recupero energetico non costituisce un fattore primario nel caso di trattamento di rifiuti pericolosi.
Se presente, esso viene effettuato con le stesse modalità impiegate per i rifiuti urbani, anche se le condizioni operative del vapore sono meno severe (pressione 13-40 bar, temperatura 207-385 °C).
In alternativa può essere previsto un raffreddamento rapido ("quench", ad es. da 1100 a 200 °C), allo scopo di minimizzare la possibile riformazione di diossine tramite il meccanismo della sintesi "de-novo".

E.2.4.5 Depurazione dei fumi

Negli impianti polifunzionali che trattano diverse tipologie di rifiuti (inceneritori per conto Terzi) il sistema di trattamento più diffuso è quello ad umido, a volte anche su più stadi, l'unico in grado di tamponare possibili variazioni repentine del carico di inquinanti conseguenti principalmente alla variabilità dei rifiuti in ingresso.
Negli impianti che trattano specifici flussi di rifiuti è possibile, invece, l'impiego di soli sistemi a secco e a semi-secco, anche se il carico di inquinanti risulta essere piuttosto elevato.
In entrambi i casi possono essere previsti trattamenti finali di "finissaggio" dei fumi quali iniezione di carboni attivi, $DeNO_x$ SCR, impiego di reagenti specifici per la rimozione di Br, I, Hg, ecc..
Soprattutto negli impianti di autosmaltimento può rendersi conveniente il recupero di materie prime (es.: HCl, zolfo) qualora le concentrazioni di alcuni inquinanti risultino essere particolarmente elevate.

E.2.5 Trattamento dei fanghi di depurazione

E.2.5.1 Composizione dei fanghi

La composizione dei fanghi di depurazione risulta variabile in funzione di:

- le modalità di raccolta/le materie prime impiegate che influenzano il carico di metalli pesanti;
- l'eventuale localizzazione dell'impianto in zone costiere (impiego di acque salmastre);
- la presenza e il tipo di pretrattamenti previsti quali selezione grossolana, digestione anaerobica o aerobica, trattamento con agenti chimici;
- la presenza di particolari condizioni meteoriche su base stagionale (es.: diluizione dovuta a piovosità).

I sistemi di trattamento dei fumi dipendono principalmente dalla composizione del rifiuto e sono similari a quelli previsti per l'incenerimento dei rifiuti urbani. Comunque, particolare attenzione deve essere rivolta alla rimozione degli ossidi di azoto (NO_X) e del mercurio.
In particolare durante il processo di incenerimento dei fanghi il mercurio è rilasciato principalmente in forma metallica a differenza del trattamento dei RU, nel quale esso è

presente sotto forma di ione (soprattutto cloruro).
Le tecniche più idonee alla sua rimozione sono:
- l'utilizzo di opportuni reagenti negli scrubbers ad umido;
- l'impiego di letti fissi a carbone attivo nei sistemi a secco;
- l'iniezione di una miscela di reattivo alcalino (calce o bicarbonato di sodio) e carbone attivo nella corrente dei fumi e successiva separazione dei reagenti tramite un filtro a maniche.

E.2.5.2 Pretrattamento dei fanghi

I principali sistemi di pretrattamento dei fanghi sono:
- Disidratazione fisico-meccanica, che consente (tramite l'impiego di decantatori, centrifughe, presse) di raggiungere livelli di materiale secco del 20-45%. Spesso il fango è trattato prima della disidratazione con additivi flocculanti sia di tipo inorganico (sali di alluminio e ferro, calce, carbone, ecc.) sia di tipo organico (polimeri). L'impiego di sostanze inorganiche aumenta il tenore di ceneri del rifiuto pretrattato.
- Essiccamento: impiegato qualora la semplice disidratazione meccanica risulti insufficiente e realizzato tramite differenti tipi di apparecchiature (a disco, a letto fluido, a film sottile, con centrifuga, ecc.), installate o meno presso l'impianto di depurazione. Il valore ottimale per l'incenerimento dei fanghi è attorno al 35% di sostanza secca, ma possono essere richiesti tenori superiori per il loro trattamento in impianti di trattamento di RU.

E.2.5.3 Combustione

E.2.5.3.1 Impianti dedicati di incenerimento

Gli impianti che trattano fanghi essiccati necessitano di quantitativi ridotti (al limite anche nulli) di combustibile ausiliario rispetto all'incenerimento dei fanghi tal quali (non disidratati).
Nella tabella E.2.1 si riporta un confronto delle caratteristiche dei diversi sistemi di apparecchiature di combustione impiegate per l'incenerimento dei fanghi.
Di norma il PCI dei fanghi disidradati è compreso tra 4,8 e 6,5 MJ/kg, contro valori di 2,2 - 4,8 MJ/kg dei fanghi non disidratati.
Gli impianti dedicati all'incenerimento dei fanghi in genere operano a temperature comprese nel campo 850-950°C. Temperature inferiori agli 850°C possono determinare emissioni odorose, oltre a non rispettare i requisiti minimi previsti dalla normativa.

E.2.5.3.2 Trattamento termico dei fanghi

I fanghi reflui possono essere trattati presso impianti di trattamento di RU secondo le seguenti modalità:
- alimentazione pneumatica del fango essiccato nella camera di combustione;
- spargimento del fango disidratato sul letto di rifiuti presente sulla griglia;
- miscelazione dei fanghi disidratati e/o essiccati direttamente nella fossa ed alimentazione in camera di combustione assieme agli altri rifiuti;

Il trattamento termico dei fanghi può eventualmente essere effettuato anche presso impianti di pirolisi e gassificazione di rifiuti.

Tabella E.2.1- Apparecchiature impiegate per l'incenerimento dei fanghi

	Forno a letto fluido	Forno a piani multipli	Forno a piani multipli e letto fluido	Forno ciclonico
Caratteristiche	Assenza di parti meccaniche in movimento e limitata usura	Preessiccamento non richiesto; Presenza di parti mobili	Non è necessario pre-essiccamento Presenza di parti mobili	Assenza di parti meccaniche in movimento e limitata usura
Gestione operativa	Rapidi avviamenti/fermate, Possibile funzionamento in discontinuo	Tempi lunghi per riscaldamento Necessario funzionamento continuo	Tempi medi per riscaldamento e raffreddamento	Confrontabile con inc. a letto fluido, è possibile trattare una vasta gamma di rifiuti
Incenerimento	Limitati eccessi di aria richiesti; Basso tenore di incombusti	Incenerimento difficile da controllare Immune a possibili fluttuazioni quali-quantitative nei fanghi	Basso eccesso di aria richiesto, buon controllo del processo tramite il letto fluido, minore sensibilità nei confronti di fluttuazioni qualitative nei fanghi rispetto al letto fluido	Breve tempo di residenza Alimentazione di aria principale e secondaria a diversi livelli
Contenuto ceneri nei fumi	Alto	Basso	Alto	Alto
Rimozione ceneri	Attraverso flusso gassoso e rimozione sabbia	Direttamente sul fondo	Attraverso flusso gassoso e rimozione sabbia	Attraverso flusso gassoso Ceneri pesanti dal fondo
Residui	Ceneri, residui da letto fluido	Ceneri	Ceneri, residui da letto fluido	Ceneri

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005"

E.2.6 Trattamento di rifiuti sanitari

E.2.6.1 Caratteristiche dei rifiuti sanitari

Per la gestione ed il trattamento dei rifiuti sanitari è richiesta una particolare attenzione in relazione ai rischi specifici caratteristici di questo tipo di rifiuti (infezioni, punture, ecc..) e al loro comportamento durante l'incenerimento (il potere calorifico e l'umidità possono presentare variazioni notevoli).
I rifiuti ospedalieri possono includere:

- agenti infettivi;
- indumenti e stracci contaminati;
- sostanze farmaceutiche;
- materiale tagliente;
- rifiuti veterinari;
- parti anatomiche;
- attrezzatura medica;
- materiali da imballaggio;
- rifiuti da laboratorio.

E.2.6.2 Movimentazione e pretrattamento

I rischi correlati alla movimentazione dei rifiuti ospedalieri possono essere, di norma, contenuti riducendo la possibilità di contatto ed assicurando che la manipolazione e lo stoccaggio avvengano tramite l'impiego di:

- container specifici dotati di impianti di lavaggio e disinfezione;
- container sigillati e combustibili;
- sistemi di caricamento automatico nel forno;
- sistemi specifici di stoccaggio e movimentazione;
- impiego di celle frigorifere (per stoccaggi superiori alle 48 ore).

Il pretrattamento può prevedere:

- la disinfezione con vapore in autoclave in pressione;
- il trattamento con acqua calda.

E.2.6.3 Trattamento termico

La termodistruzione dei rifiuti sanitari può essere effettuata tramite:

- incenerimento;
- combustione di tipo pirolitico;

Tali trattamenti possono essere realizzati in apparecchiature quali:

- tamburo rotante (da soli o in coincenerimento, in funzione dei quantitativi disponibili);
- forni a griglia (in coincenerimento);
- forni statici, a gradini o a suola calda (per quantitativi piuttosto ridotti).

E.2.7 Distruzione di rifiuti contenenti PCB tramite incenerimento

Le informazioni riportate nel presente paragrafo, non riprese dal BRef sull'incenerimento, sono state riportate per completezza di informazione.
L'incenerimento ad alta temperatura risulta essere allo stato attuale una delle tecniche più consolidate ed affidabili per la distruzione di PCB o di rifiuti da essi contaminati.
La sua efficacia è misurata dall'efficienza di distruzione e rimozione (DRE, Destruction Removal Efficiency) definita come:

$$DRE = \frac{Win - Wout}{Win} \times 100$$

in cui Win = quantità (oraria) di PCB in ingresso
Wout = quantità (oraria) di PCB in uscita

Impianti di incenerimento progettati gestiti in modo ottimale sono attualmente in grado di assicurare una DRE almeno pari a 99,9999 %.
L'efficacia del trattamento viene ottenuta tramite un accurato controllo del processo di combustione (temperatura, tempo di residenza, turbolenza ed eccesso d'aria) e l'impiego di un adeguato sistema di trattamento dei fumi. Le condizioni operative minimali sono quelle tipiche previste per l'incenerimento di rifiuti pericolosi (tempo di permanenza di almeno 2 secondi in camera di post combustione a temperature di almeno 1.100 °C).

Tramite l'incenerimento possono essere trattati qualsiasi tipologia di rifiuti contaminati da PCB, indipendentemente dal loro stato fisico.
I rifiuti liquidi ed i fanghi (pompabili) possono essere direttamente alimentati in camera di combustione.
I rifiuti solidi possono richiedere forme di pretrattamento quali:

- disassemblaggio e/o triturazione per apparecchiature di grosse dimensioni (es. trasformatori);
- confezionamento di materiali sfusi o pastosi in fusti da alimentare all'inceneritore.

La termodistruzione dei PCB può essere effettuata in impianti dedicati, progettati specificatamente per il trattamento di PCB o di altri rifiuti clorurati, oppure in impianti di combustione industriali, tipicamente costituiti dai forni di produzione del cemento.
Per quanto riguarda gli impianti dedicati le apparecchiature impiegate sono riconducibili alle seguenti tipologie:

- Inceneritori a tamburo rotante;
- Inceneritori statici per liquidi;
- Inceneritori a camera statica (per ridotte capacità di trattamento);
- Combustori a letto fluido;
- Inceneritori a raggi infrarossi.

L'inceneritore a tamburo rotante risulta di gran lunga l'apparecchiatura più utilizzata, a causa della sua flessibilità e semplicità di operazione. Se necessario, possono essere raggiunte temperature operative fino a 1.300 °C che provocano la fusione delle scorie che, per successivo raffreddamento, assumono un aspetto di consistenza vetrosa.
Il sistema di trattamento dei fumi è quello tipico degli inceneritori di rifiuti pericolosi e può essere del tipo a secco (nel caso di incenerimento di rifiuti con caratteristiche piuttosto omogenee e costanti), ad umido, o costituito da una combinazione più o meno articolata dei due (nel caso di inceneritori polifunzionali che trattano diverse tipologie di rifiuti).
In alternativa all'incenerimento in impianti dedicati i rifiuti contenenti PCB possono essere smaltiti nei cementifici, attraverso la loro alimentazione con i combustibili fossili impiegati (se allo stato liquido) oppure tramite apposite bocche previste in un punto intermedio del forno di produzione del clinker (se solidi). Il vantaggio principale di questa forma di smaltimento consiste nel fatto che le frazioni incombustibili sono incorporate nel clinker prodotto e non danno luogo a correnti residue in uscita dal trattamento.
Negli ultimi anni sono stati sperimentati per la termodistruzione dei PCB (soprattutto per rifiuti allo stato liquido) sistemi che fanno uso della torcia al plasma. Grazie alle elevate temperature che vengono raggiunte localmente (3000 °C circa) i rifiuti subiscono una piroscissione che porta alla pressoché completa distruzione dei PCB. La corrente gassosa prodotta subisce un brusco raffreddamento ("quench") al quale segue un trattamento con soluzione alcalina per la neutralizzazione dell'acido cloridrico.
Nella tabella E.2.2 sono riassunte le principali caratteristiche dei trattamenti termici di termodistruzione dei rifiuti contaminati da PCB.

Tabella E.2.2 - Principali caratteristiche dei trattamenti di termodistruzione dei PCB

Trattamento	Rifiuti trattabili	Vantaggi	Svantaggi
Incenerimento o co-incenerimento	Oli, residui di processi di separazione Apparecchiature contenenti PCB	Elevati livelli di DRE Ampio campo di variazione per tipologia di rifiuti e di concentrazioni in ingresso	Piuttosto costoso Scarsa accettabilità da parte dell'opinione pubblica Il rifiuto contenente PCB deve avere PCI elevato (nel caso di coincenerimento)
Torcia al plasma	Rifiuti liquidi o pompabili	Buone caratteristiche delle emissioni e dei residui	Limitata esperienza a livello industriale

Fonte: Elaborazione a cura del GTR

E.2.8 Tecniche e tecnologie di recupero energetico

E.2.8.1 Principi generali

La combustione è un processo che genera calore (esotermico). La maggior parte dell'energia termica è trasferita ai fumi che devono però essere quindi raffreddati per permetterne la depurazione prima di essere rilasciati in atmosfera.
Tale raffreddamento viene, di norma, effettuato in una caldaia per recuperare il calore, ma può anche avvenire senza recupero energetico mediante iniezione nei fumi di acqua o aria.
Gli impieghi principali dell'energia recuperata riguardano:

- la produzione e la distribuzione di energia elettrica;
- la produzione e la distribuzione di energia termica (come vapore e/o acqua calda) per usi civili (teleriscaldamento/refrigerazione) e industriali;
- produzione combinata di energia termica ed elettrica (cogenerazione e distribuzione di energia elettrica e calore).

E.2.8.2 Parametri che influiscono sull'efficienza energetica

E.2.8.2.1 Caratteristiche dei rifiuti
Le caratteristiche chimico-fisiche (in particolare il PCI) del rifiuto conferito all'impianto influenzano sia le tecniche di recupero dell'energia , sia i livelli di rendimento conseguibili.

E.2.8.2.2 Localizzazione dell'impianto
La quantità di energia che può essere recuperata dipende anche dalle opzioni disponibili per il suo impiego (vedi anche paragrafo D.4)
Attualmente per impianti di taglia medio-grande e di nuova concezione che producono solo energia elettrica il rendimento conseguibile è dell'ordine del 25-30% (in funzione della taglia dell'impianto) al lordo dei consumi interni di impianto, mentre per gli impianti di cogenerazione di energia elettrica e termica tale valore può raggiungere l'80-90% del PCI dei rifiuti [4].

E.2.8.3 Ottimizzazione del recupero energetico

Nella definizione della configurazione del sistema di recupero energetico occorre tenere conto

[4] Attualmente i livelli di recupero in Italia sono mediamente inferiori, in conseguenza della taglia piuttosto ridotta e dell'età degli impianti.

dei diversi fattori che possono avere un peso rilevante a livello locale, come riportato sinteticamente nella tabella E.2.3.
In generale, si dovrebbero adottare sistemi di conversione energetica dotati di un'efficienza di conversione termica pari a:

- superiori all'80% per rifiuti urbani
- 80-90 % per i rifiuti pretrattati, inceneriti nei forni a letto fluido
- 60-70 % per rifiuti pericolosi, caratterizzati da alto rischio di corrosione della caldaia (dovuto all'elevato contenuto di Cl e S)
- per altre tipologie di rifiuti l'efficienza di conversione dovrebbe essere generalmente aumentata nel range da 60 al 90 %, a seconda della corrosività dei fumi grezzi di combustione

E.2.8.4 Tecniche di incremento dell'efficienza energetica

E.2.8.4.1 Pretrattamento dei rifiuti

Due sono le categorie di tecniche di pretrattamento che possono influenzare in modo positivo i livelli di recupero energetico:

- l'omogeneizzazione;
- trattamenti di estrazione/separazione.

L'omogeneizzazione può essere realizzata tramite semplice mescolamento dei rifiuti direttamente nella fossa di stoccaggio utilizzando la stessa benna di caricamento, accoppiata o meno ad una eventuale (grossolana) triturazione. Il beneficio conseguibile è una maggiore stabilità del processo di combustione.
L'estrazione/separazione consiste nella separazione (rimozione), di norma per via meccanica, di certe frazioni prima di avviare i rifiuti a combustione.
Le operazioni di selezione/raffinazione possono essere spinte fino alla produzione di un combustibile derivato (CDR).
Questo tipo di trattamenti può cambiare significativamente le caratteristiche del materiale avviato alla combustione e la loro applicazione consente di dimensionare le apparecchiature di combustione in accordo a specifiche più stringenti e di ottimizzarne le prestazioni; la loro applicazione, per contro, può incrementare i costi di trattamento complessivi e ridurre la flessibilità del sistema nel suo complesso.
E' importante tenere conto che questi trattamenti consumano energia e materie prime a loro volta, dando luogo ad emissioni e residui addizionali.

Tabella E.2.3 - Fattori che influenzano configurazione ed entità del recupero energetico

Fattore	Aspetti da prendere in considerazione
Caratteristiche dei rifiuti	✓ Quantità e qualità (in particolare la corrosività) ✓ Disponibilità, distribuzione e variazioni stagionali ✓ Possibilità di variazioni quali-quantitative dei rifiuti
Potenzialità di cessione dell'energia	***Energia termica*** ✓ Teleriscaldamento ✓ Ad usi industriali ✓ Ad usi interni (processo/riscaldamento) ✓ Presenza di vincoli geografici ✓ Durata della domanda e del contratto di fornitura ✓ Obblighi contrattuali di fornitura ✓ Condizioni operative di fornitura (vapore, acqua calda, ecc.) ✓ Analisi delle variazioni stagionali ✓ Presenza di eventuali incentivi ✓ Partecipazione di clienti Terzi al finanziamento dell'impianto

	Energia elettrica ✓ Disponibilità rete nazionale ed autoconsumi impianto ✓ Prezzo di cessione ✓ Presenza di incentivi e tasse ✓ Caratteristiche richieste per l'energia ceduta
Condizioni locali	✓ Mezzo di raffreddamento: aria o acqua ✓ Condizioni meteorologiche ✓ Accettabilità o meno di pennacchio visibile ✓ Disponibilità di fonte di acqua (mare/fiume) - Temperatura e caratteristiche qualitative dell'acqua - Disponibilità di prelievo (secondo la stagione) - Aumento di temperatura consentito
Cogenerazione	✓ Variazioni stagionali della ripartizione ✓ Variazioni della ripartizione a medio-lungo termine
Altro	✓ Ottimizzazione dei parametri progettuali/operativi (max produzione di energia, minimo costo di investimento, complessità impiantistica, ecc. ✓ Livelli di rumorosità accettabili (condensatori ad aria) ✓ Area disponibile ✓ Eventuali vincoli architettonici ✓ Sistemi di trattamento dei fumi

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005"

E.2.8.4.2 Generatori di vapore

Negli impianti di incenerimento si utilizzano generalmente caldaie (di norma integrate) a tubi d'acqua, a circolazione naturale, dotate di economizzatori, evaporatori e surriscaldatori.
Negli inceneritori le condizioni operative del vapore sono un frutto di un compromesso. Elevate temperature e pressioni permetterebbero una maggiore conversione dell'energia termica contenuta nei fumi in energia elettrica; al tempo stesso però elevate temperature del vapore possono aggravare i problemi di corrosione, specialmente sulle superfici del surriscaldatore.
Attualmente negli impianti di incenerimento sono piuttosto comuni valori di 400°C e 40 bar per il vapore surriscaldato, con alcune esperienze in nuovi impianti che arrivano fino a 450°C e 60 bar ed oltre.
I fenomeni corrosivi che possono manifestarsi sulle superfici di scambio termico possono essere limitati attraverso:

- l'adozione di opportune condizioni operative per il vapore;
- il mantenimento di adeguati tempi per il completamento delle reazioni prima che i fumi siano posti in contatto con le superfici metalliche di scambio termico;
- il contenimento della velocità dei fumi;
- l'impiego di opportuni rivestimenti protettivi.

E.2.9 Trattamento dei fumi e controllo delle emissioni

Utilizzare un sistema di trattamento dei fumi che operi con valori di emissione che rientrino nei livelli operativi associati alle BAT (vedi Tab. E.4.1).

E.2.9.1 Riduzione delle emissioni di polveri

La selezione dell'apparecchiatura per l'abbattimento delle polveri contenute nei fumi è determinata principalmente da:

- concentrazione delle polveri nei fumi grezzi;
- dimensioni medie delle particelle e loro distribuzione granulometrica;
- portata e temperatura dei fumi;
- compatibilità con altri componenti del sistema di depurazione dei fumi.

La selezione può essere influenzata anche dalla disponibilità locale di sistemi di trattamento e smaltimento dei residui separati (polveri leggere, di caldaia, sali di reazione).
A riguardo i sistemi maggiormente impiegati (vedi anche paragrafo D.3) risultano essere:

- i filtri elettrostatici, la cui efficienza dipende dalla resistività delle polveri, piuttosto variabile nei fumi di incenerimento;
- i filtri a maniche, di largo impiego negli impianti di incenerimento, a causa della loro elevata efficienza di filtrazione, cui fanno riscontro maggiori perdite di carico nei fumi e temperature di esercizio piuttosto contenute (indicativamente 180-220 °C, a seconda del materiale filtrante).

E.2.9.2 Riduzione delle emissioni di gas acidi

La rimozione dei gas acidi viene effettuata tramite l'iniezione di reagenti alcalini nella corrente dei fumi.
I principali processi di depurazione generalmente applicati (vedi anche paragrafo D.3.3) sono:

- a secco, tramite l'iniezione di un reagente in polvere (calce o bicarbonato di sodio) nel flusso dei gas, in quantità in eccesso rispetto a quella stechiometrica. I sali di reazione e l'eccesso di reagente, allo stato solido, vengono rimossi tramite filtrazione (su filtro a maniche) e in parte ricircolati per limitare il consumo di reagente. Non è previsto l'impiego di acqua;
- a semi-secco nei quali l'agente adsorbente è aggiunto al flusso dei gas allo stato di soluzione o in sospensione (es. latte di calce). Il processo richiede la presenza di un reattore, a causa dei maggiori tempi di contatto richiesti per l'evaporazione dell'acqua. Anche in questo processo il prodotto di reazione, allo stato solido in polvere, viene trattenuto nel filtro e in parte ricircolato. Il consumo di reagente è di 1,5-2,5 volte lo stechiometrico.
- ad umido, nei quali il flusso di gas viene messo a contatto, in apposite colonne, con una soluzione contenente il reagente (es. soluzione di idrossido di sodio). Il prodotto della reazione è sotto forma di soluzione acquosa. Generalmente il processo è dotato di un primo stadio acido per la rimozione dell'HCl e un secondo stadio, a pH superiore (7÷8) ottenuto con aggiunta di soda o calce, per la rimozione della SO_2. Una parte della corrente liquida di lavaggio deve essere continuamente rimossa e trattata prima dello scarico finale.

Riguardo al tipo di reagente impiegato (a volte anche in combinazione fra di loro) occorre dire che ognuno presenta vantaggi e svantaggi, così come riportato in forma sintetica nella tabella E.2.4. Nel processo di selezione dei sistemi ad umido/semisecco/secco e dei reagenti, è utile fare riferimento alla tabella E.4.2.(pagina 81)

Tabella E.2.4 - Tipi di reagenti impiegati per la neutralizzazione dei gas acidi

Reagente	Vantaggi	Svantaggi	Note
Idrossido di sodio (NaOH)	✓ Molto reattivo con i gas acidi ✓ Bassi consumi ✓ Limitata produzione di residui	✓ Costo unitario elevato ✓ Formazione di sali solubili e fanghi ✓ Altamente corrosivo	✓ Idoneo solo per sistemi ad umido ✓ Adatto per fumi da incenerimento di RP
Calce $Ca(OH)_2$	✓ Reattività media ✓ Costo unitario basso ✓ Residui poco lisciviabili ✓ Può consentire il recupero di gessi dai sistemi ad umido	✓ Manipolazione e movimentazione difficoltosi ✓ Riciclo difficoltoso ✓ Produzione elevata di residui	✓ Ampio campo di applicabilità
Bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$)	✓ Alta reattività (bassi eccessi richiesti) ✓ Ampio campo di temperature (140-300°C) ✓ Più compatibile con sistemi SCR (temperature più elevate) ✓ Non richiede consumi di acqua ✓ Possibile recupero dei residui	✓ Sali piuttosto lisciviabili ✓ Costo unitario elevato	✓ Di agevole manipolazione (prodotto innocuo)

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005, modificata dal GTR"

E.2.9.3 Riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto

E.2.9.3.1 Tecniche primarie

La produzione di NO_x può essere ridotta con un buon controllo della combustione e un buon mescolamento dei gas, evitando sia alti eccessi d'aria, sia temperature troppo elevate.
A questo riguardo viene anche previsto il ricircolo dei fumi, attraverso il quale una parte di essi (circa il 10-20%), prelevati a valle della depurazione, sono immessi in caldaia insieme all'aria secondaria di combustione. Questa tecnica tende anche a ridurre le perdite di calore con i fumi, aumentando conseguentemente il rendimento energetico del processo.

E.2.9.3.2 Processo SNCR

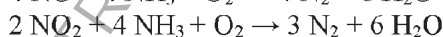
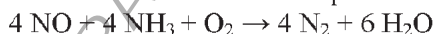
In questo processo gli ossidi di azoto vengono rimossi tramite una riduzione selettiva non catalitica (**S**elective **N**on-**C**atalitic **R**eduction). L'agente riducente (ammoniaca o urea) viene iniettato sotto forma di soluzione acquosa in camera di combustione. La reazione con gli ossidi di azoto avviene a temperature comprese tra 850°C e 1000°C, con valori ottimali compresi nell'intervallo 900-920°C. A temperature troppo basse l'ammoniaca non reagisce, mentre a temperature troppo alte si ossida producendo ulteriori NO_x.
Il meccanismo di riduzione può essere rappresentato dalle reazioni:
$4\ NO + 4\ NH_3 + O_2 \rightarrow 4\ N_2 + 6\ H_2O$
$2\ NO_2 + 4\ NH_3 + O_2 \rightarrow 3\ N_2 + 6\ H_2O$
Gli NO_x possono essere in tal modo ridotti anche dell'80%, ma, di norma, le riduzioni sono mediamente inferiori. A fini dell'efficacia del trattamento occorre mantenere una buona regolazione della combustione, del sistema di iniezione dell'ammoniaca, un buon mescolamento dei fumi con il reagente e un tempo di contatto sufficiente per il completamento delle reazioni.
Elevati eccessi di reagente possono dare luogo a significative emissioni di NH_3 ("slip").

Un confronto tra i reagenti impiegabili è riportato nella tabella E.2.5.

Tabella E.2.5 - Reagenti impiegati per la riduzione non catalitica degli NO_x

Reagente	Vantaggi	Svantaggi
Ammoniaca (NH_3)	✓ Possibilità di ammortizzare concentrazioni di NO_X di picco ✓ Minori emissioni di N_2O	✓ Campo di temperature piuttosto ristretto (870-950 °C) ✓ Stoccaggio e movimentazione pericolosi ✓ Costi unitari superiori ✓ Slip di ammoniaca
Urea ($(NH_2)_2CO$)	✓ Campo di temperature ampio (540-1000 °C) ✓ Stoccaggio e movimentazione meno pericolosi ✓ Costi unitari inferiori	✓ Minore capacità a fronteggiare picchi di concentrazione di NO_x ✓ Emissioni di N_2O superiori ✓ Slip di ammoniaca

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005, modificata dal GTR"

E.2.9.3.3 Processo SCR

Si tratta di un processo catalitico di tipo selettivo (**S**elective **C**atalitic **R**eduction). L'ammoniaca è iniettata nei fumi depurati a monte di un reattore munito di catalizzatore. Le reazioni sono praticamente le stesse, ma avvengono a temperature più basse, comprese tra i 250°C e 450°C, essendo favorite dalla presenza del catalizzatore.
Questo processo presenta un grado di riduzione più elevato (oltre il 90%) e richiede un minore eccesso stechiometrico di reagente.
Negli impianti di incenerimento tale trattamento deve essere applicato ai fumi depurati o, quantomeno, deacidificati e depolverati.
A causa di ciò i fumi trattati devono essere nuovamente riscaldati per essere portati a livelli di temperatura ottimali, tali da favorire l'azione del catalizzatore. Ne consegue un consumo di energia che può essere in parte contenuto tramite l'installazione di uno scambiatore di calore recuperativo fumi trattati/fumi grezzi.

E.2.9.4 Riduzione delle emissioni di mercurio

Il mercurio è un metallo altamente volatile e pertanto, qualora presente nei rifiuti, nel corso dell'incenerimento tende a passare quasi completamente nei fumi.
I limiti di emissione per il mercurio previsti dal D.Lgs. 133/05 non possono essere rispettati senza l'impiego di tecniche di riduzione specifiche.

E.2.9.4.1 Tecniche primarie

L'unica tecnica primaria efficace per il contenimento delle emissioni di mercurio in atmosfera risulta essere quella di prevenire e controllare la sua presenza nei rifiuti (ad esempio, tramite raccolta separata alla fonte).

E.2.9.4.2 Tecniche secondarie

Nelle condizioni operative tipiche dei fumi da incenerimento rifiuti il mercurio tende ad essere presente sottoforma di cloruro.
Due sono le tecniche principalmente adottate:

- l'adsorbimento su carboni attivi o filtri a carbone, tramite iniezione nella corrente dei fumi, dai quali sono poi rimossi per filtrazione (nei sistemi a secco l'iniezione può essere

effettuata assieme alla calce);

- lavaggio ad umido, se le condizioni sono tali da garantire che il mercurio sia in forma ionica (condizioni ossidanti, elevata concentrazione di cloro). In questo caso deve essere previsto nel trattamento degli effluenti liquidi la precipitazione del mercurio (ad esempio tramite l'aggiunta di solfuri), al fine di raggiungere valori di emissione compresi nelle BATAOEL riportate in tab. E.4.1 .

Nel caso sia previsto il ricircolo dei fumi di combustione, è necessario prendere le adeguate misure al fine di evitare il ricircolo e l'accumulo di mercurio nell'impianto.

E.2.9.5 Riduzione delle emissioni di altri metalli

I metalli pesanti sono convertiti con la combustione per lo più in ossidi non volatili e, nel coso del raffreddamento, tendono a depositarsi sulle particelle solide. Ne consegue che quanto più efficiente risulta essere la depolverazione, tanto migliore è anche l'abbattimento dei metalli pesanti.

E.2.9.6 Riduzione delle emissioni di composti organici

Il mezzo più efficace per ridurre l'emissione in atmosfera di composti organici del carbonio (IPA, PCDD, PCDF) è senza dubbio quello di mantenere condizioni di combustione ottimali.
L'emissione di composti organici può essere contenuta riducendo al massimo la temperatura dei fumi in fase di trattamento (con conseguente condensazione dei composti) e facendo uso di un efficace sistema di abbattimento delle polveri.
In particolare le diossine ed i furani hanno una solubilità in acqua molto bassa e pertanto non risulta efficace un semplice lavaggio ad umido per la loro completa rimozione.
Una rimozione spinta delle diossine e furani può essere ottenuta tramite specifici trattamenti di ossidazione opportunamente catalizzati oppure, più semplicemente, tramite adsorbimento su carboni attivi (trattamento questo efficace anche nei confronti del mercurio), di norma iniettati nei fumi a monte del filtro a maniche.

E.2.9.7 Contenimento delle emissioni di gas con effetto serra

Nel caso di combustione, ai fini della produzione di energia elettrica e/o termica, di rifiuti agricolo/forestali o di rifiuti misti, nei quali sono presenti frazioni sia di origine fossile che rinnovabile (esempio tipico i RU o le frazioni combustibili da essi derivate) è possibile conseguire un guadagno netto in termini di emissioni gas serra, alla luce del fatto che deve essere computata unicamente la CO_2 emessa di origine fossile (in accordo alla metodologia messa a punto dall'Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC).
Tale vantaggio va valutato nei confronti sia dello smaltimento dei rifiuti in discarica, sia della produzione di energia elettrica e/o termica in impianti tradizionali (centrali, caldaie da riscaldamento) che impiegano combustibili fossili e si consegue grazie al meccanismo delle "emissioni evitate".

Occorre senz'altro sottolineare che il parametro fondamentale, ai fini dell'efficacia dei vantaggi conseguibili, risulta essere l'efficienza di recupero energetico che si riesce a realizzare. Ad un suo incremento può utilmente contribuire la produzione combinata di energia elettrica e termica, con conseguenti maggiori benefici in termini di emissioni evitate di gas serra.

E.2.10 Tecniche di trattamento e controllo delle acque reflue

E.2.10.1 Potenziali fonti di acque reflue

Potenziali fonti di acque reflue dagli impianti di incenerimento dei rifiuti possono derivare da:
- acque reflue di processo provenienti dai sistemi di trattamento ad umido dei fumi;
- acque reflue da raccolta,spegnimento e stoccaggio delle scorie. Questo tipo di acque reflue solitamente è riutilizzato in sostituzione dell'acqua industriale nei sistemi di spegnimento delle scorie e di conseguenza non vengono scaricate;
- acque reflue sanitarie che non essendo specifiche di impianti di incenerimento di rifiuti non verranno trattate in questa sezione;
- acque di pioggia chiare, generate dalla caduta della pioggia su superfici "pulite" (tetti);
- acque di pioggia inquinate, derivate da precipitazioni atmosferiche su superfici inquinate e di norma mantenute separate dalle acque di pioggia chiare;
- acque di raffreddamento, non tipiche degli impianti di incenerimento e pertanto riconducibili nell'ambito delle BAT per le tecniche di raffreddamento industriali;
- acque reflue provenienti da pre-essiccamento dei fanghi di depurazione delle acque reflue, che possono presentare alti valori di COD associati ad elevati contenuti in azoto (principalmente sotto forma di ammoniaca);
- acque reflue da rigenerazione impianto di demineralizzazione e da spurgo caldaia.

E.2.10.2 Criteri di base per il controllo delle acque reflue

Le principali tecniche di controllo delle acque reflue riguardano:
- l'applicazione di tecnologie di incenerimento ottimali, aspetto fondamentale per un effettivo controllo delle acque reflue. Condizioni non ottimali di incenerimento possono avere effetti negativi sulla composizione dei fumi e delle ceneri e quindi influenzare negativamente le acque di scarico nel caso di trattamento dei fumi ad umido;
- la minimizzazione dei consumi di acqua e/o della produzione di acque reflue, ad esempio tramite un riutilizzo all'interno dell'impianto;
- il rispetto dei limiti normativi allo scarico;
- l'ottimizzazione dei sistemi di trattamento delle acque reflue.

E.2.10.3 Influenza dei sistemi di trattamento dei fumi sulle acque reflue

La produzione di acque reflue dipende dal tipo di trattamento dei fumi.
Oltre ai sistemi a secco e a semisecco, che non prevedono la presenza di scarichi liquidi, anche i sistemi ad umido possono non dare luogo ad effluenti liquidi, qualora sia previsto uno stadio di evaporazione degli stessi, realizzabile all'interno del processo o tramite appositi trattamenti specifici.

E.2.10.4 Trattamento delle acque reflue da sistemi ad umido

Per il trattamento delle acque reflue sono applicati principalmente i seguenti sistemi:
- trattamenti chimico-fisici;
- evaporazione in linea;
- evaporazione separata.

I trattamenti chimico-fisici comprendono, di norma, le seguenti fasi: neutralizzazione, flocculazione, precipitazione, essiccamento dei fanghi, filtrazione degli effluenti.

Altri trattamenti particolari (quali, ad esempio, l'impiego di solfuri, la filtrazione su membrane, lo strippaggio dell'ammoniaca, il trattamento separato delle acque provenienti dai vari stadi di lavaggio, il trattamento anaerobico, ecc.) possono essere previsti al fine di migliorare la qualità delle acque di scarico, in presenza di particolari tipologie di inquinanti.
Se il contenuto in sali solubili non è accettabile, le acque reflue di processo possono essere ulteriormente sottoposte a ad evaporazione, realizzabile in linea o separatamente.
Per acque molto concentrate in alcuni composti (es: acido cloridrico da incenerimento di rifiuti ad alto contenuto di cloro) nelle acque di scarico può essere previsto uno specifico sistema per il loro recupero.

E.2.11 Gestione e trattamento dei residui solidi

E.2.11.1 Tipologie di residui

Possono essere identificati essenzialmente due tipi di residui solidi del processo di incenerimento:
- residui risultanti direttamente dal processo di combustione, a causa della presenza di inerti nei rifiuti (scorie, ceneri leggere e di caldaia);
- sali di reazione derivanti dalle reazioni di neutralizzazione effettuate nei sistemi di trattamento fumi.

Per quanto riguarda le scorie e le ceneri possono essere così individuate:
- scorie, che a causa dei quantitativi notevoli (soprattutto nel caso dei RU) costituiscono uno dei più importanti tipi di residuo;
- ceneri di caldaia, solitamente gestite assieme alle ceneri leggere;
- ceneri leggere separate nei sistemi di trattamento dei fumi;

Riguardo ai residui solidi derivanti dal trattamento dei fumi possono essere individuate le seguenti categorie:
- residui da sistemi di trattamento a secco e a semi-secco dei fumi, costituiti da una miscela di sali di calcio e sodio, principalmente cloruri, solfati e solfuri, fluoruri; di norma smaltiti in discariche per rifiuti pericolosi;
- sali da trattamento chimico-fisico dei fumi, caratterizzati da un elevato contenuto in metalli pesanti e sali insolubili; anch'essi smaltiti in discarica per rifiuti pericolosi;
- sali derivanti da evaporazione in linea o separata delle acque di lavaggio, riutilizzabili o smaltiti in discarica;

E.2.11.2 Recupero dei residui

Il riuso dei residui è possibile qualora essi soddisfino una serie di parametri tecnici ed ambientali quali:
- reattività;
- lisciviabilità;
- contenuto in sali;
- granulometria.

Ad esempio, a causa dei notevoli quantitativi coinvolti, una pratica molto diffusa in Europa è il recupero delle scorie di combustione dei RU, con percentuali piuttosto elevate in alcuni paesi: Olanda (> 90%), Danimarca (90%), Germania (60%), Francia (30%), Belgio e Gran Bretagna (21%).
Per quanto riguarda i sali da trattamento dei fumi sono invece potenzialmente recuperabili:

- i gessi derivanti dalla neutralizzazione degli ossidi di zolfo nei fumi;
- sali prodotti dalla neutralizzazione con bicarbonato di sodio che, previo trattamento, possono dare luogo al recupero di una salamoia riutilizzabile in cicli industriali.

E.2.11.3 Trattamento dei residui da trattamento fumi

Qualora non siano praticabili forme di recupero, i residui da trattamento fumi devono essere smaltiti in discarica, previo trattamento. Di seguito sono riportate le principali tecniche applicate allo scopo

E.2.11.3.1 Solidificazione
Si tratta di un trattamento finalizzato alla riduzione della porosità e della conducibilità idraulica del materiale e, quindi, della sua lisciviabilità, indice di pericolosità (potenziale rilascio di inquinanti).
Il prodotto così inertizzato è, di norma, smaltito in discarica.

E.2.11.3.2 Trattamenti termici
Sono impiegati per la riduzione del volume e della lisciviabilità del materiale e classificabili in tre differenti categorie:

- vetrificazione;
- fusione;
- sinterizzazione.

La vetrificazione viene ottenuta a temperature comprese tra i 1300 ed i 1500 °C e dà luogo ad un materiale praticamente inerte, tramite l'addizione di materiali vetrosi.
La fusione è simile alla vetrificazione, ma non prevede l'impiego di materiali addizionali.
La sinterizzazione avviene invece a temperature più ridotte (circa 900 °C), consentendo pertanto la riduzione dei consumi di energia associati al trattamento. Ad oggi non risulta ancora applicata su scala industriale.

E.2.11.3.3 Estrazione e separazione
Diverse tecniche di estrazione sono state sperimentate in Europa ed in Giappone. Molte di esse utilizzano soluzioni acide mentre alcune prevedono l'invio dei residui trattati alla camera di combustione e la successiva miscelazione con le scorie di incenerimento.

E.2.11.3.4 Stabilizzazione chimica
Si basa sul principio di legare i metalli pesanti in forme più insolubili rispetto a quelle presenti inizialmente.
Le tecniche impiegate prevedono la precipitazione dei metalli in nuove forme minerali e la formazione di legami con altri minerali.

E.2.11.3.5 Ulteriori tecniche di trattamento
Esistono alcune tecniche alternative, impiegate principalmente negli USA, che prevedono che i residui del trattamento dei fumi siano miscelati con le scorie, al fine di ottenere un unico residuo avente una concentrazione di metalli inferiore e meno lisciviabile, destinato allo smaltimento in discarica (trattasi in pratica di una diluizione).

E.2.12 Tecniche di monitoraggio e controllo delle emissioni

E.2.12.1 Sistemi di controllo dell'incenerimento

L'ampio campo di variabilità riscontrabile nella composizione dei rifiuti comporta evidenti ripercussioni sul processo di incenerimento e sulle caratteristiche degli effluenti e dei residui dal trattamento.
Come naturale conseguenza si rende necessaria l'applicazione di sofisticati sistemi di controllo, che rappresenta un mezzo irrinunciabile al fine di conseguire:

- una migliore qualità delle scorie;
- la diminuzione della produzione delle ceneri ed il miglioramento della loro qualità;
- una ridotta formazione di composti indesiderati quali CO, idrocarburi (C_xH_y), NO_x, diossine;
- un miglioramento delle prestazioni dell'impianto;
- un miglioramento dell'efficienza di recupero energetico;
- migliori condizioni operative del sistema di trattamento dei fumi.

A tal fine risulta fondamentale la conoscenza di alcuni parametri operativi quali, ad esempio:

- le temperature in varie zone della griglia;
- la densità dei rifiuti sulla griglia;
- le perdite di carico sulla griglia;
- i livelli di temperatura in diverse zone della camera di combustione e nella sezione di recupero energetico;
- il rilevamento, in varie sezioni dell'impianto di parametri operativi quali il contenuto di CO, O_2, CO_2, H_2O.

Sempre con riferimento ai forni a griglia, altri parametri da tenere sotto controllo sono:

- l'alimentazione dei rifiuti;
- frequenza e velocità dei movimenti della griglia;
- distribuzione dell'aria primaria;
- temperatura dell'aria primaria;
- distribuzione dell'aria secondaria.

E.2.12.2 Il monitoraggio delle emissioni

Il decreto legislativo 133/05 di recepimento della direttiva 2000/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti, prescrive (art. 11) il monitoraggio in continuo di: CO, NO_x, SO_2, polveri totali, TOC, HCl, HF, tenore volumetrico di O_2, temperatura, pressione, tenore di vapore acqueo e della portata volumetrica nell'effluente gassoso.
Altri inquinanti (All. I, paragrafo A, punti 3 e 4) quali i metalli, i PCDD/PCDF e gli IPA sono sottoposti a rilevazione con cadenza periodica (almeno quadrimestrale e, per i primi dodici mesi di funzionamento dell'impianto, almeno ogni 3 mesi).
Per quanto riguarda la rilevazione del mercurio, che risulta essere uno dei parametri critici del processo, vanno menzionate alcune recenti esperienze, effettuate anche in Italia, che hanno riguardato il suo monitoraggio in continuo.
Per le diossine, invece, non sono ancora industrialmente disponibili, allo stato attuale, sistemi di monitoraggio in continuo. A livello europeo sono invece stati sperimentati, con alcune esperienze anche in Italia, sistemi di campionamento in continuo di tali composti, da analizzare successivamente in laboratorio.

E.3 Aspetti ambientali

Negli impianti di incenerimento i consumi, così come le emissioni, sono influenzati principalmente da:

- la tipologia e caratteristiche dei rifiuti;
- le caratteristiche tecniche (progettuali ed operative) del forno;
- il dimensionamento e le condizioni operative dei sistemi di trattamento dei fumi.

Tali parametri influenzano enormemente i fenomeni che sono alla base della ripartizione e della possibile rimozione dai fumi degli inquinanti che derivano dalla loro presenza nei rifiuti o che possono essere prodotti nel corso del processo di combustione.
Altro fattore di notevole influenza sulle potenziali emissioni è legato alle sensibili variazioni delle caratteristiche e del contenuto di inquinanti dei rifiuti, evenienza alla quale si cerca di porre rimedio tramite una sistematica verifica analitica delle loro caratteristiche, prima dell'alimentazione in camera di combustione.
Per quanto riguarda invece i RU, le loro caratteristiche sono funzione anche dei sistemi utilizzati per la raccolta differenziata delle diverse frazioni che li costituiscono.
Facendo riferimento al potere calorifico, ad esempio, è possibile riscontrare i seguenti effetti, in base alla tipologia di materiali raccolti separatamente:

- vetro e metallo: riduzione contenuto ceneri, aumento del potere calorifico;
- carta e plastica: riduzione del potere calorifico;
- imballaggi leggeri: riduzione del potere calorifico;
- rifiuti organici: aumento del potere calorifico.

E' noto inoltre che i parametri più importanti che influenzano il comportamento dei metalli presenti nei rifiuti sono la temperatura e l'eccesso di ossigeno all'interno della camera di combustione, nonché il tenore di cloro e zolfo presente nei rifiuti.

E.3.1 Consumi di energia e risorse

Gli impianti di incenerimento producono e consumano energia. Nella maggior parte dei casi il potere calorifico dei rifiuti dà luogo ad un surplus di energia che può essere esportato al di fuori dell'impianto (è il caso tipico dei RU).

Ai fini di un bilancio energetico dell'incenerimento occorre prendere in considerazione i seguenti parametri:

- In ingresso (input)
  - potere calorifico dei rifiuti;
  - combustibile di supporto;
  - richiesta di energia elettrica e/o termica.
- In uscita (output)
  - il surplus (eventuale) di energia elettrica esportata;
  - l'energia termica resa disponibile;
  - il vapore ceduto a Terzi;
  - la produzione di gas derivati (pirolisi o gassificazione).

Vi sono numerosi impianti di incenerimento in Europa che producono ed esportano sia energia elettrica che termica.
Il tipo di energia prodotta ed esportata (o la loro combinazione) dipende da diversi fattori quali, ad esempio domanda locale, prezzo di riferimento e durata del contratto di fornitura.
La produzione di energia elettrica è limitata da:

- possibili fenomeni di corrosione ad alta temperatura sulle superfici di scambio del generatore di vapore, a causa della presenza di alcuni composti corrosivi nei rifiuti (es.:

cloro);
- un'eventuale limitazione alla permanenza dei fumi nell'intervallo di temperature compreso fra 200 e 450 °C, onde ridurre la possibilità di riformazione di diossine (sintesi "de-novo").

Da una tonnellata di RU indifferenziati si recuperano attualmente (in funzione della taglia dell'impianto e della sua vetustà) da 300 a 640 kWh di energia elettrica.
L'impianto di incenerimento necessita di energia (elettrica e termica) per il funzionamento delle apparecchiature costituenti (ventilatori, pompe, apparecchiature ausiliarie e di servizio, ecc.) che risulta variabile in funzione della presenza di:
- sistemi meccanici di pretrattamento;
- preriscaldamento dell'aria di combustione;
- post-riscaldamento dei fumi a monte del camino;
- evaporazione delle acque reflue;
- sistemi di trattamento fumi complessi;
- ridotto potere calorifico dei rifiuti;
- sistema di condensazione ad aria;
- ricircolo dei fumi.

E.3.2 Emissioni, reflui, scarichi termici, rumore e vibrazioni

E.3.2.1 Emissioni in atmosfera

a) incenerimento di rifiuti urbani
I dati riportati nella tabella E.3.1, raccolti da un sondaggio effettuato a livello europeo, si riferiscono al processo non a singoli impianti. Essi risultano abbastanza rappresentativi dei livelli attuali di emissione degli impianti che trattano RU. A riguardo, tuttavia, occorre tenere presente che la definizione di RU non risulta uniforme a livello internazionale e, in molti casi include anche rifiuti speciali di origine commerciale e/o industriale (es.: imballaggi, scarti di lavorazione), nonché frazione combustibili derivate da RU tramite pretrattamento.

Tabella E.3.1 - Valori tipici di emissioni da impianti di incenerimento RU

Parametro	**Misurazione**	**Medie giornaliere (mg/Nm^3)**		**Medie semi-orarie (mg/Nm^3)**		**Medie annuali (mg/Nm^3)**
	C=continua D=discont.	Valori tipici	Direttiva 2000/76/CE	Valori tipici	Direttiva 2000/76/CE	Valori tipici
HCl	C	0,1-10	10	0,1-80	60	0,1-6
HF	C/D	0,1-1	1	0,02-1	4	0,01-0,1
SO_2	C	0,5-50	50	0,5-250	200	0,2-20
NO_x	C	30-200	200	30-450	400	30-180
Polveri	C	0,1-10	10	0,05-15	20	0,1-4
TOC	C	0,1-10	10	0,1-25	20	0,1-5
CO	C	1-50	50	1-150	100	2-30
Hg	D/C	0,0005-0,03	0,05[1]	0,0014-0,036	n.a	0,0002-0,05
Cd+Tl	D		0,05[1]		n.a	0,0002-0,03
Σ Metalli pesanti	D		0,5[1]		n.a	0,0002-0,05
PCDD/DF ng/Nm^3	D		0,1[1]		n.a	0,0002-0,08

(1)Limite da intendersi quale valore medio riferito al periodo di campionamento indicato nella Dir. 2000/76/CE
Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005, modificata dal GTR"

b) incenerimento rifiuti pericolosi

I dati (1999-2000) sugli impianti di incenerimento dei rifiuti pericolosi (tabella E.3.2) sono state forniti dall'EURITS e sono relativi a 24 impianti a tamburo rotante, cui corrisponde una capacità totale di trattamento di 150.000 t/a di rifiuti, vale a dire circa il 70% della capacità totale degli inceneritori dedicati a livello europeo.

I diversi impianti sono in grado di trattare rifiuti molto diversi tra loro, a livello di composizione e stato fisico; in conseguenza di ciò tali impianti richiedono l'adozione di sofisticati sistemi di abbattimento fumi, molto più complessi ed articolati rispetto all'incenerimento di RU.

Tabella E.3.2 - Valori tipici di emissioni da impianti di incenerimento rifiuti pericolosi

Parametro	Misurazione	Medie giornaliere (mg/Nm^3)		Medie semi-orarie (mg/Nm^3)		Medie annuali (mg/Nm^3)
	C=continua D=discont.	Valori tipici	Direttiva 2000/76/CE	Valori tipici	Direttiva 2000/76/CE	Valori tipici
HCl	C	0,1-10	10	0,1-70	60	0,3-5
HF	C/D	0,04-1	1	0,1-2	4	0,05-1
SO_2	C	0,1-50	50	0,1-150	200	0,1-30
NO_x	C	40-200	200	50-400	400	70-180
Polveri	C	0,1-10	10	0,1-15	20	0,1-2
TOC	C	0,1-10	10	0,1-30	20	0,01-5
CO	C	5-50	50	5-150	100	5-50
Hg	D/C	0,0003-0,03	0,05[1]	n.a	n.a	0,0004-0,05
Cd+Tl	D	0,0005-0,05	0,05[1]	n.a	n.a	0,0005-0,05
Σ Metalli pesanti	D	0,0013-0,5	0,5[1]	n.a	n.a	0,004-0,4
PCDD/DF (ng/Nm^3)	D	0,002-0,1	0,1[1]	n.a	n.a	0,0003-0,08

(1) Limite da intendersi quale valore medio riferito al periodo di campionamento indicato nella Dir. 2000/76/CE
Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005, modificata dal GTR"

E.3.2.2 Reflui liquidi

Negli impianti di incenerimento l'acqua trova impiego sia come acqua di processo che d'impianto.

Lo scarico principale è associato alla presenza di sistemi di trattamento ad umido dei fumi che non prevedono l'evaporazione delle acque residue all'interno dell'impianto

Un indicazione di massima dei possibili scarichi è riportata nella tabella E.3.3.

Tabella E.3.3 - Produzione di acque di scarico da impianti di incenerimento

Tipologia impianto	Capacità (t/a)	Trattamento fumi	Produzione acque reflue (m^3/t rifiuto)
Incenerimento RU	250.000	2 stadi, latte di calce	0.15 (valore di progetto)
Incenerimento RU	250.000	2 stadi, idrossido di sodio	0.3 (valore operativo)
Incenerimento RP	60.000	2 stadi, latte di calce	0.15 (media annuale)
Incenerimento RP	30.000	2 stadi, idrossido di sodio	0.2 (media annuale)

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005"

E.3.2.3 Rumore

Il livello totale di rumore generato da un impianto di incenerimento risulta variabile in un campo molto ampio, essendo i valori più elevati riconducibili alle zone di scarico (automezzi) o a pretrattamenti dei rifiuti (triturazione) e, in generale, a fonti discontinue.
Se necessario debbono essere previsti adeguati sistemi di insonorizzazione per ridurre i livelli di rumorosità:

- all'interno dell'impianto, secondo le norme vigenti per la tutela della salute dei lavoratori;
- nelle zone adiacenti all'impianto, in accordo alla normativa vigente che regolamenta i livelli di rumorosità, determinati sulla base della zonizzazione adottata a livello locale.

E.3.3 Produzione di residui

a) Incenerimento di rifiuti urbani

La quasi totalità degli inquinanti in uscita dagli impianti di incenerimento risulta concentrata nei residui solidi; di questi indicativamente il 70-80% sono immobilizzati nelle ceneri leggere e nei sali di reazione che residuano dal trattamento dei fumi. Entrambe queste correnti rappresentano, indicativamente, circa il 7% in peso del quantitativo dei rifiuti trattati.
Gli impianti di incenerimento dei RU presenti in Europa producono tipicamente 200-350 kg di ceneri pesanti per tonnellata di rifiuto trattato, inclusivi anche del materiale fine sottogriglia che solo di recente, in alcuni Paesi, si è iniziato a mantenere separato dalle scorie.
Il flusso specifico di massa dei residui da depurazione fumi mostra un ampio campo di variazione, in funzione anche dei sistemi di trattamento adottati.
Nei sistemi ad umido il valore si attesta mediamente attorno a 10-12 kg/t di rifiuto, inclusivi dei fanghi essiccati (2-3 kg/t) e dei sali di reazione (8-9 kg/t).
Nei sistemi a secco o semi-secco tale quantitativo tende ad aumentare, in funzione del tipo di reagente e delle modalità operative adottate.
Nei moderni impianti di incenerimento di RU il tenore di carbonio organico totale (TOC) nelle scorie è, in genere, dell'ordine dell'1% (inferiore al valore prescritto dal D.Lgs.133/05 sull'incenerimento dei rifiuti che fissa un valore massimo pari al 3%).
La ripartizione degli elementi nelle ceneri pesanti dipende principalmente da :

- la composizione dei RU trattati;
- la volatilità degli elementi contenuti;
- il tipo di apparecchiatura di combustione impiegata;
- le condizioni operative mantenute nella camera di combustione.

b) Incenerimento di rifiuti pericolosi

I residui dagli inceneritori di rifiuti pericolosi non sono, in linea generale, sostanzialmente diversi da quelli degli inceneritori di RU
Nonostante ciò si possono evidenziare alcune peculiarità legate a:

- una diversa ripartizione dei metalli nelle scorie e nelle ceneri, in conseguenza di temperature operative di norma più elevate rispetto all'incenerimento dei RU;
- l'ampia variabilità delle caratteristiche quali-quantitative dei rifiuti, che porta come conseguenza ad una grossa variabilità dei quantitativi di scorie prodotte;
- livelli di concentrazione dei metalli superiori nei residui da trattamento dei fumi, in conseguenza del maggiore contenuto di metalli inizialmente presente nei rifiuti pericolosi.

c) Incenerimento di fanghi da trattamento acque

Le caratteristiche chimico-fisiche delle ceneri da incenerimento di fanghi risultano notevolmente influenzate dalle condizioni atmosferiche, in particolare dalla piovosità.

In condizioni di alta piovosità, ad esempio, il contenuto in silicati delle ceneri tende ad aumentare in modo significativo, mentre il contenuto degli altri inquinanti risulta inferiore, a causa della diluizione.
Anche le modalità di raccolta dell'acqua ed il successivo trattamento influiscono sulla qualità dei fanghi. Inoltre in aree molto industrializzate, possono essere rilevate alte concentrazioni di metalli pesanti nei fanghi che, una volta avviati ad incenerimento, tendono ad accumularsi nelle scorie e nelle ceneri leggere.

d) Incenerimento di rifiuti sanitari
Sono richieste particolari cautele nella gestione di residui dall'incenerimento di rifiuti sanitari al fine di:

- assicurare una combustione quanto più completa ai fini della distruzione di eventuali agenti patogeni;
- evitare rischi da possibile contaminazione delle scorie e delle ceneri;
- limitare conseguenze negative legate alla presenza di aghi ipodermici e altri materiali taglienti nelle scorie.

E.3.4 Analisi dei rischi
Se si considera la definizione generica classica di rischio ambientale come prodotto della probabilità che un evento impattante accada per la gravità dell'eventuale danno provocato, si può comprendere come, in realtà, non si possa associare in senso stretto alcun rischio ambientale alle operazioni ed ai trattamenti caratteristici di un impianto d'incenerimento, se non quelli collegati indirettamente ad alcune attività comuni ai diversi impianti industriali e spesso di diversa entità (sino ad arrivare quasi a zero) in rapporto al tipo di rifiuto trattato.
L'evento pericoloso che potrebbe produrre danni ambientali non è mai connesso quindi direttamente, in questo caso, alle caratteristiche dei rifiuti o degli impianti interessati alle attività; esso può essere legato più a cattiva gestione di fasi precedenti e successive al processo d'incenerimento vero e proprio o alla gestione di sostanze usate nel ciclo o dei residui di processo.
Verranno analizzate, innanzi tutto, le suddette specifiche tipologie di rischio; seguiranno delle brevi considerazioni su possibili situazioni di rischio (o più propriamente di accresciuto impatto) sulle matrici ambientali derivanti dall'adozione di certe tecniche di prevenzione dell'inquinamento, di certi sistemi di combustione o pretrattamento piuttosto che altre.
Da rilevare come nella trattazione su queste ultime situazioni potrebbero in parte essere ripresi argomenti affrontati durante l'analisi delle migliori tecniche disponibili, relativamente ai vantaggi/svantaggi presentati da ciascuna in termini di riduzione dell'inquinamento; argomenti che però nel presente paragrafo sono affrontati in relazione ai soli svantaggi che potrebbero comunque portare a situazioni di rischio/pressione negativa per le matrici ambientali.
I rischi ambientali connessi con l'incenerimento sono molto minori rispetto a quelli associabili alla gassificazione (ossidazione parziale) e pirolisi (decomposizione termica non ossidativa).
In realtà le valutazioni del rischio per questi ultimi due processi mostrano come si abbia a che fare con rischi che interessano primariamente la sicurezza dei lavoratori coinvolti e, soltanto secondariamente, l'ambiente. E' il caso dei rischi dei processi di caricamento dei rifiuti e quelli derivanti dalla presenza aggiuntiva di un reattore termico (in sostituzione dello stadio di combustione); è ovvio, infatti, come neanche per il primo caso si possano considerare eventi tali da produrre interazioni tra i rifiuti in alimentazione (peraltro in forma quasi inerte) con l'atmosfera e il suolo.
Considerazioni diverse possono farsi considerando i processi di pretrattamento dei rifiuti in

entrata, di certo più incisivi nelle due ultime tecniche citate (che, come si vedrà più avanti, richiedono comunque maggiori misure di prevenzione di un possibile rischio per l'atmosfera e il suolo) e le fasi di gestione dei residui, di diversa entità e natura nei vari processi e ancor di più nella gassificazione e nella pirolisi.
Va comunque detto che la struttura di un inceneritore prevede dei blocchi di attività comuni a tutti gli impianti, importanti nella minimizzazione degli impatti e sui cui può essere fatta una valutazione del rischio, non sempre di natura ambientale, quali:

- valutazione flussi rifiuti in entrata;
- fasi di stoccaggio, trattamento ed alimentazione;
- combustione (non ambientale);
- recupero energetico (non ambientale);
- monitoraggio (di tipo indiretto)

Tra queste, data l'eterogeneità e il campo di variabilità dei rifiuti in ingresso, la separazione di alcune frazioni (plastiche con PVC, metalli pesanti ecc.), unitamente alla fase di accettazione dei rifiuti (i quali devono essere, quanto più esattamente, identificati), possono rappresentare una fase importante per l'eliminazione di frazioni residuali inquinanti molto pericolose le quali, se presenti nel processo, potrebbero dar luogo a formazioni di composti pericolosi per l'ambiente (questo può essere l'unico modo, insieme al rispetto di certe caratteristiche costruttive, per impedire ad esempio la formazione delle diossine).
Allo stesso modo possono ritenersi delicate le fasi di pretrattamento (per cui le implicazioni ambientali maggiori possono derivare ad esempio dalla preparazione di certi rifiuti come gli oli all'uso come combustibile), come frantumazione, miscelazione e stoccaggio dei rifiuti in arrivo, per le quali il rischio di formazione di percolati e di residui palabili deve prevedere un'immediata ed idonea capacità di neutralizzazione (notevole variabilità del pH), il drenaggio dei fanghi e/o solidificazione degli stessi.
Nel corso di queste operazioni è fondamentale cercare di evitare fuoriuscite accidentali sul terreno, decompressioni improvvise (tramite sistemi di cattura dell'area più che sicuri), mentre per il bunker di stoccaggio e miscelazione i rischi devono essere ridotti con sistemi di prevenzione della lisciviazione nel terreno (isolamento idraulico) e garantendo ventilazioni appropriate e protette per evitare accumuli di gas, odori e polvere. Nel caso di stoccaggio in serbatoi chiusi, la presenza di sistemi di riempimento e svuotamento in atmosfera inerte d'azoto potrebbero contenere i rischi derivanti dalla presenza di una miscela gassosa in efflusso durante il riempimento.
Da ricordare anche il caso dello stoccaggio dei rifiuti sanitari, che se dovessero stazionare per più di 48 h nell'impianto dovrebbero essere stoccati in camere refrigerate.
Un altro elemento diretto da considerare nella valutazione del rischio deriva dai metodi di trattamento dei residui solidi da incenerimento (trattamento di rifiuti pericolosi, residui dal trattamento dei fumi).
Alla luce delle elevate concentrazioni che tali residui possono avere in inquinanti, spesso molto solubili, essi debbono essere smaltiti in discarica. Ai fini di ridurre il rischio sul suolo e sulle acque sotterranee, possono essere effettuati trattamenti di solidificazione, ad esempio con cemento (diminuzione del pericolo di rilascio) o termici (vetrificazione e sinterizzazione).
I presidi ambientali richiesti per lo stoccaggio delle scorie sono comunque meno restrittivi di quelli per le ceneri leggere ed i residui del trattamento fumi, alla luce dell'elevato contenuto di inquinanti e della maggiore solubilità di quest'ultimi.
E' da considerare poi, come già detto che, oltre ai diversi tipi di rifiuti trattati nei vari impianti, possono essere presenti alcuni prodotti che possono provocare rischi connessi con la loro manipolazione, come ad esempio:

- idrossido di calcio (trattamento di neutralizzazione a secco);
- soda caustica (sistemi di lavaggio umido);

- ipoclorito di sodio (forte agente ossidante).

I rischi connessi con l'impiego di certe sostanze in specifici trattamenti debbono essere accuratamente analizzate quando si elencano tutti i possibili effetti ambientali di un impianto presi in considerazione nel corso dell'analisi di possibili impatti dell'incenerimento.
Così, ad esempio, la riduzione termica non catalitica (SNCR), usata in modo spinto per l'abbattimento degli ossidi d'azoto, potrebbe richiedere grandi eccessi di reagenti con il rischio di rilascio ("slip") di quantitativi significativi d'ammoniaca non reagita con i fumi.
Analogamente la rimozione dei gas acidi a secco con calce e carbone a secco comporta consumi elevati e, soprattutto, la produzione di residui pericolosi, da gestire adeguatamente, onde minimizzare qualsiasi rischio.
Oltre che per l'atmosfera e per il suolo, possono essere presenti potenziali rischi anche per le acque; ad esempio, l'impiego di depolveratori ad umido può avere come conseguenza la necessità di provvedere a complessi trattamenti di tipo chimico-fisico dell'acqua effluente, con conseguente difficoltà di smaltimento dei fanghi residui.
Particolare attenzione deve prestarsi alle acque di scarico dai sistemi umidi per la riduzione dei gas acidi. Esse devono essere sottoposte a neutralizzazione, al fine di assicurare la precipitazione di metalli pesanti ed a trattamenti con reagenti in grado di rimuovere i composti molto pericolosi quali quelli del mercurio, che condensano con il raffreddamento dei fumi solubilizzandosi negli effluenti liquidi.

E.4 Migliori tecniche e tecnologie

Vengono presentate di seguito, in forma sintetica, le tecniche che possono essere ritenute le più idonee per la definizione delle BAT (**B**est **A**vailable **T**ecniques") relative allo specifico settore dell'incenerimento dei rifiuti.
La loro definizione ha come scopo principale di fornire alle autorità preposte gli elementi necessari per valutare compiutamente le richieste di autorizzazione integrata in campo ambientale in ambito IPPC. Al tempo stesso esse possono risultare di aiuto anche agli Operatori essendo sottinteso che di esse occorre tenere in dovuto conto, ove applicabili, in sede di predisposizione della richiesta di autorizzazione.
Le varie tematiche di interesse sono stati sviluppate, per quanto possibile, in modo sequenziale, analizzando le tecniche secondo la sequenza di trattamenti che caratterizzano un impianto di incenerimento di rifiuti.
Le tecniche individuate sono di carattere generale e derivano principalmente dai risultati delle attività svoltesi a livello europeo durante la elaborazione del BRef sull'incenerimento dei rifiuti.
Per semplicità di esposizione si riporterà solo una sintesi delle principali tecniche individuate, rimandando un loro eventuale esame più approfondito in sede di discussione della loro applicabilità al sistema nazionale (capitoli F, H e I).
Va da sé che l'applicazione delle varie tecniche di seguito riportate non può essere generalizzata in quanto a livello di singolo impianto e di specifica realtà locale occorre tenere conto di tutta una serie di fattori (tecnici, economici, ambientali, meteorologici, sociali ecc.) che influenzano enormemente la scelta della tecnica applicabile e la sua efficacia.
Analogamente alcune tecniche possono risultare fra di loro incompatibili, anche in modo parziale. Ad esempio tecniche mirate ad un recupero energetico esasperato potrebbero entrare in conflitto con altre tese invece a mitigare gli effetti sull'ambiente, a livello locale, derivabili dal funzionamento dell'impianto.
Dei suddetti fattori si terrà in dovuto conto nella definizione delle BAT applicabili a livello nazionale (capitolo H).

Tabella E.4.1 Livelli operativi di emissione in atmosfera associati all'applicazione delle BAT (valori espressi in mg/Nm₃, se non indicato diversamente)

Composto	Camp. discontinuo	Medie semiorarie	Medie giornaliere	Commenti
Polveri totali		1 – 20 (vedi sv2)	1 - 5	Di norma l'impiego di filtri a maniche consente di ottenere i valori più bassi di questo intervallo. Un efficace manutenzione dei sistemi di controllo è molto importante. I consumi energetici aumentano all'aumentare delle prestazioni richieste. Il controllo delle polveri contribuisce a ridurre anche le emissioni di metalli
Acido cloridrico (HCl)		1-50	1-8	Il controllo dei rifiuti, la miscelazione ed il rimescolamento possono ridurre le fluttuazioni di concentrazione di inquinanti nei fumi grezzi che possono dare luogo a picchi di emissioni I sistemi ad umido presentano di norma la migliore capacità di assorbimento e permettono di conseguire i livelli di emissione più bassi in assoluto, ma sono anche i più costosi. Vedere la tabella E.4.2 per quanto riguarda i criteri di selezione dei sistemi di trattamento dei fumi, inclusi gli impatti secondari indotti
Acido fluoridrico (HF)		< 2 (vedi sv2)	< 1	
Ossidi di zolfo (SO_2)		1 – 150 (vedi sv2)	1 – 40 (vedi sv2)	
Ossidi di azoto (NO) e biossidi di azoto (NO_2) espressi come biossido di azoto in impianti con sistemi SCR		40 – 300 (vedi sv2)	40 – 100 (vedi sv2)	Le tecniche di combustione e trattamento fumi accoppiate con sistemi SCR consentono il funzionamento all'interno dei campi riportati. L'impiego di sistemi SCR implica consumi energetici e costi superiori. In generale l'incremento del costo unitario di trattamento è meno significativo nel caso di impianti di taglia elevata. Contenuti elevati di N_2 nei rifiuti comportano incrementi delle concentrazioni di NO_x nei fumi grezzi
Ossidi di azoto (NO) e biossidi di azoto (NO_2) espressi come biossido di azoto in impianti con sistemi SNCR		30 – 350	120 – 180	Le tecniche di combustione e trattamento fumi accoppiate con sistemi SNCR consentono il funzionamento all'interno dei campi riportati. Per valori inferiori della media su 24 h è richiesto l'impiego di SCR, ameno che le concentrazioni di NO_x in ingresso siano basse. Con alti dosaggi di reagente nel SNCR lo slip di NH_3 può essere controllato tramite sistemi ad umido che richiedono adeguati trattamenti per le acque ammoniacali di scarico. (vedi anche nota 8 per gli impianti di piccola taglia) Contenuti elevati di N_2 nei rifiuti comportano incrementi delle concentrazioni di NO_x nei fumi grezzi
Gas e vapori di sostanze organiche, espressi come TOC		1 – 20	1 – 10	Tecniche finalizzate a migliore le condizioni di combustione riducono le emissioni di tali sostanze. Le concentrazioni in emissione non sono di norma influenzate significativamente dai sistemi di trattamento fumi. I livelli di CO possono risultare superiori in fase di avviamento e fermata e nel caso di nuove caldaie che non hanno raggiunti livelli di sporcamento di regime.
Monossido di carbonio (CO)		5 - 100	5 - 30	
Mercurio e suoi composti, (come Hg)	< 0,05 (vedi sv2)	0,001 – 0,03	0,001 – 0,02	Adsorbimento tramite carboni attivi è richiesto per il conseguimento di tali livelli di emissione con gran parte dei rifiuti, poiché Hg metallico è di più difficile controllo rispetto ad Hg ionico. Le tecniche e le prestazioni di rimozione dipendono da quantità e distribuzione del Hg nei rifiuti. Alcuni rifiuti presentano concentrazioni molto variabili di Hg, tali da richiedere il pretrattamento in modo da prevenire sovraccarichi di picco sui sistemi di trattamento fumi.
Cadmio e Tallio totali e loro composti (espressi come metalli)	0,005– 0,05 (vedi sv2)			Vedi i commenti per Hg. A causa della minore volatilità di tali metalli rispetto ad Hg le tecniche di riduzione delle polveri e degli altri metalli sono più efficaci nel controllo di tali composti rispetto ad Hg.
Σ altri metalli	0,005– 0,5			Le tecniche di rimozione delle polveri sono efficaci anche nei confronti dei metalli
Diossine e furani (ng TEQ/Nm^3)	0,01– 0,1 (vedi sv2)			Le tecniche di combustione distruggono PCDD/F presenti nei rifiuti. Progettazione adeguata e controllo della temperatura riducono la sintesi de-novo. Ulteriori tecniche di riduzione prevedono l'impiego di carboni attivi per conseguire livelli di emissione nell'intervallo riportato. Dosaggi superiori di adsorbenti possono favorire il conseguimento di livelli di emissione inferiori a 0,001 ng TEQ/Nm^3 , ma danno luogo ad incremento dei consumi e della produzione di residui.

Sostanze non disciplinate dalla Direttiva 200/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti				
Ammoniaca (NH_3)	< 10	1 - 10	< 10 (vedi sv1)	Un controllo efficace dei sistemi di riduzione degli NOx, compreso il sistema di dosaggio, può ridurre i livelli di emissione di NH_3 I sistemi ad umido rimuovono l'NH_3 e la trasferiscono nelle acque di scarico.
Benz(a)pyrene	Per queste sostanze non sono disponibili dati consolidati per fissare una BAT per i livelli di emissione. Tuttavia i dati disponibili indicano che i loro livelli di emissione sono di norma bassi. PCB, IPA, e benz(a)pyrene possono essere controllati con le stesse tecniche dei PCDD/F. I livelli di N_20 derivano dalle tecniche di combustione combustione e dal livello di ottimizzazione del sistema SNCR a base di urea (nel caso sia impiegato)			Le tecniche di controllo dei PCDD/F riducono anche PCB, IPA, e benz(a)pyrene
PCB				
IPA				
Protossido di azoto (N_20)				Il mantenimento di condizioni di combustione fortemente ossidative ed il controllo dei sistemi di rimozione dei NO_x contribuiscono a ridurre le emissioni di N_20. I livelli maggiori si riscontrano in caso di letti fluidi operanti a basse temperature (< 900° C)

NOTE:

1. Gli intervalli di BATAOEL riportati in questa tabella sono livelli di prestazioni operative attese che possono risultare dall' adozione di BAT- essi non sono livelli di emissione vincolanti dal punto di vista normativo (ELV)
2. Σ altri metalli = somma di Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V e loro composti espressi come metalli
3. Le misure discontinue sono mediate su un periodo di campionamento fra trenta minuti e otto ore. I periodi di campionamento sono in genere dell'ordine di 4- 8 ore per queste misure.
4. I dati sono standardizzati a 11% ossigeno, gas secchi, 273 K, e 101,3 kPa
5. Diossine e furani sono calcolate utilizzando i fattori di equivalenza come da direttiva 2000/76/CE
6. Nel confronto dei valori prestazionali con questi intervalli, occorre in ogni caso tenere in considerazione: i valori di confidenza associati con le determinazioni effettuate; che l'errore relativo di tali determinazioni cresce al decrescere delle concentrazioni misurate rispetto ai livelli più bassi di rilevabilità.
7. I dati operativi che supportano i suddetti BATAOEL sono stati ottenuti secondo le attuali norme di buona pratica di monitoraggio che richiedono apparecchiature di misura con scale strumentali 0-3 volte ELV della direttiva sull'incenerimento. Per parametri con livelli di immissione molto bassi combinati con brevi periodi di picco bisogna porre particolare attenzione alla scala strumentale. Ad esempio variando la scala strumentale per la misura del CO da 3 volte ELV della direttiva a un valore superiore di dieci volte, è stato rilevato in alcuni casi l'incremento dei valori rilevati della misurazione per un fattore di 2-3. Ciò deve essere considerato quando si interpreta questa tabella.
8. Sono state riscontrate in alcuni casi difficoltà tecniche nella ristrutturazione di sistemi SNCR in impianti di incenerimento di RU di piccola taglia. I vantaggi economici (es. la riduzione di NOx per unità di costo) di sistemi di rimozione di NOx (es. SNCR) è minore per piccoli impianti (<6 t/h di rifiuti)

ALTRI PUNTI DI VISTA (SPLIT VIEW)

SV1: Sulla base delle loro conoscenze sulle prestazioni di impianti esistenti alcuni Stati Membri e ONG ambientaliste hanno espresso un proprio parere riguardo alla media delle 24 h dell'NH_3, affermando che i livelli di emissioni dovrebbero essere < 5 mg/Nm^3 (invece di 10 mg/Nm^3).

SV2: Alcuni SM e ONG ambientaliste hanno espresso pareri diversi riguardo alle BATAOEL sopra riportate. Questi pareri si fondavano sulle conoscenze delle prestazioni di un cero numero di impianti esistenti e della loro interpretazione dei dati fornita al TWG ed anche di quello riportato nel capitolo 3 del Bref. Le conclusioni finali della riunione del TWG
Sono gli intervalli riportati in tabella, ma le seguenti opinioni sono riportate: polveri totali media semi-oraria 1-10 mg/Nm^3; NO_x (come NO_2) in caso di SCR media semioraria 30-200 mg/Nm^3 e media 24 h 30-100 mg/Nm^3; Hg e suoi composti (come Hg) discontinuo 0,001-0,03 mg/Nm^3; Cd+Tl totali discontinuo 0,005-0,03 mg/Nm^3; Diossine e furani discontinuo 0,01-0,05 TEQ ng/Nm^3. In base alle stesse considerazioni ONG ambientaliste hanno espresso questi pareri: HF media semioraria < 1 mg/Nm^3; SO_2 media semioraria 1-50 mg/Nm^3 e media su 24 h 1-25 mg/Nm^3.
Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005"

Tabella E.4.2 – Analisi comparativa dei criteri sdi selezione delle diverse tecniche di rimozione degli inquinanti acidi dai fumi

Criterio	Ad umido (W)	Semi umido (SW)	A secco calce (DL)	A secco bicarbonato (DS)	Commenti
Emissioni gassose	+	0	-	0	• rispetto HCl, HF, NH_3 e SO_2 i sistemi ad umido offrono i più bassi livelli di emissioni gassose • qualsiasi sistema è di norma combinato con sistemi di depolverazione e rimozione diossine • sistemi DL possono conseguire stessi livelli di emissioni di DS eSW, ma con consumi di reagenti e relativa produzione di residui superiori.
Produzione di residui	+	0	-	0	• la produzione unitaria di residui è superiore nel caso di sistemi DL rispetto ai W, con concentrazioni di inquinanti superiori in questo ultimo caso.
Consumi d'acqua	-	0	+	+	• i consumi d'acqua sono superiori nel caso di sistemi W • i sistemi a secco presentano consumi d'acqua pressoché nulli
Produzione di reflui	-	+	+	+	• gli effluenti prodotti (se non evaporati) dai sistemi W richiedono un trattamento prima dello scarico.Ciò può costituire uno svantaggio qualora le soluzioni possano essere scaricate agevolmente (zone costiere) • la rimozione di ammoniaca dagli effluenti può costituire un problema
Consumi energetici	-	0	0	0	• consumi energetici superiori nel caso di sistemi W a causa della presenza di pompe, ancora incrementati nel caso, non infrequente, di accoppiamento con altri sistemi (es. depolverazione)
Consumo di reagenti	+	0	-	0	• di norma consumi più ridotti con i sistemi W • di norma consumi più elevati con i sistemi DL, riducibili tramite ricircolo • i sistemi SW, DL & DS beneficiano di un sistema di monitoraggio in continuo dei fumi grezzi
Adattabilità a variazione inquinanti in ingresso	+	0	-	0	• i sistemi W possono fronteggiare ampie variazioni del carico di inquinanti (HCl, HF, SO_2)in ingresso • i sistemi DL sono meno flessibili, inconveniente in parte superabile tramite il monitoraggio in continuo dei fumi grezzi
Visibilità pennacchio	-	0	+	+	• in assenza di misure specifiche la visibilità del pennacchio è maggiore per i sistemi W • i sistemi a secco presentano una ridotta visibilità del pennacchio
Complessità	- (elevata)	0 (media)	+ (assai limitata)	+ (assai limitata)	• benché i sistemi W siano abbastanza semplici, richiedono tuttavia la presenza di sistemi ausiliari per il loro funzionamento, inclusi i sistemi di trattamento delle acque di scarico, ecc..
Costi investimento	Di norma superiori	Medi	Di norma bassi	Di norma bassi	• I sistemi W sono gravati da costi addizionali per impianti ausiliari ed accessori, la cui incidenza è particolarmente significativa nel caso di impianti di taglia ridotta.
Costi operativi	Medi	Di norma bassi	Medi	Di norma bassi	• i sistemi W presentano costi operativi rilevanti nel caso di impianti di piccola taglia • costi di smaltimento superiori nel caso di produzioni di residuo superiori o maggiori consumi di reagente • i costi operativi includono costi di materiali di consumo, smaltimento e manutenzione. Essi dipendono in modo significativo dai prezzi locali per i materiali di consumo e smaltimento

Note: + = l'uso della tecnica presenta di norma un vantaggio rispetto ai criteri di valutazione adottati
0 = l'uso della tecnica non presenta di norma un vantaggio significativo rispetto ai criteri di valutazione adottati
- = l'uso della tecnica presenta di norma uno svantaggio rispetto ai criteri di valutazione adottati

Fonte:"BREF for Waste Incineration – July 2005"

Tabella E.4.3 – Individuazione delle BAT per l'incenerimento dei rifiuti

E.4.1 Gestione dei rifiuti in ingresso

- Conoscenza della composizione del rifiuto ai fini della progettazione di processo
- Mantenimento di condizioni ottimali dell'area di impianto
- Gestione delle caratteristiche dei rifiuti in ingresso
  - Identificazione dei flussi in ingresso e di possibili rischi
  - Comunicazioni con il fornitore dei rifiuti
  - Controlli, campionamenti e determinazione sui rifiuti in ingresso
  - Rilevazione di materiali radioattivi
- Stoccaggio dei rifiuti
  - Adeguati isolamento, protezione e drenaggio dei rifiuti stoccati
  - Minimizzazione della durata dello stoccaggio
  - Aspirazione delle arie esauste dalle aree di stoccaggio
  - Previsione di più linee di trattamento in parallelo
  - Identificazione dei rifiuti
  - Adeguati sistemi di sicurezza ed antincendio
- Pretrattamento dei rifiuti
  - Triturazione, selezione secco-umido o bioessiccazione dei RU indifferenziati
  - Miscelazione e separazione all'interno della fossa
  - Triturazione di rifiuti ingombranti
  - Triturazione di rifiuti confezionati in fusti o imballati
  - Miscelazione ed equalizzazione dei rifiuti pericolosi
- Movimentazione ed alimentazione dei rifiuti
  - Idoneo posizionamento degli operatori addetti alla movimentazione
  - Disponibilità di spazio per i rifiuti rimossi (es.: ingombranti)
  - Iniezione diretta dei reflui liquidi
  - Minimizzazione di possibili rientri d'aria in fase di alimentazione

E.4.2. Trattamento termico

- Appropriata selezione della tecnologia di combustione
- Impiego del CFD per migliorare la progettazione delle apparecchiature
- Posizionamento e dimensionamento dell'alimentazione
- Adozione di soluzioni progettuali per aumentare la turbolenza nella zona di postcombustione
- Pretrattamento e miscelazione dei rifiuti
- Funzionamento in continuo anziché in discontinuo
- Impiego di un adeguato sistema di controllo della combustione
- Impiego di camera a infrarossi per il monitoraggio e il controllo della combustione
- Ottimizzazione della distribuzione dell' aria (primaria e secondaria)
- Preriscaldamento aria primaria e secondaria
- Impiego del ricircolo dei fumi in parziale sostituzione dell'aria secondaria
- Impiego di aria arricchita con ossigeno
- Impiego di griglie raffreddate ad acqua
- Combustione ad alta temperatura
- Ottimizzazione del tempo di permanenza e della turbolenza in camera di combustione ai fini di una combustione completa
- Regolazione della portata per il mantenimento di condizione operative ottimali di combustione
- Impiego di bruciatori ausiliari operanti in automatico
- Riciclo del sottogriglia incombusto in camera di combustione
- Protezione delle pareti del combustore con refrattari e impiego di pareti raffreddate ad acqua
- Limitazione delle velocità dei fumi e previsione di zone di calma a monte della convettiva
- Determinazione del potere calorifico dei rifiuti in forma indiretta

E.4.3 Recupero energetico

- ottimizzazione dei livelli di recupero energetico
- Minimizzazione delle perdite di energia
- Incremento dell'efficienza di combustione dei rifiuti (riduzione incombusti)
- Riduzione dell'eccesso d'aria di combustione
- Limitazione delle perdite indesiderate
- Minimizzazione degli autoconsumi
- Accurata selezione del tipo di turbina, idonea al regime di fornitura energetica e dotata di elevata efficienza elettrica
- Incremento delle condizioni operative del vapore e impiego di riporti protettivi sui tubi
- Riduzione pressione operativa del condensatore (aumento grado di vuoto)
- Impiego di sistemi umidi di lavaggio dei fumi a condensazione
- Eventuale uso di pompe calore per massimizzare il recupero di energia termica
- Ottimizzazione della configurazione impiantistica del generatore di vapore
- Impiego di apparecchiature con sistema forno-caldaia integrato
- Efficiente pulizia dei banchi convettivi
- Integrazione del ciclo acqua-vapore con impianti Terzi di produzione di energia elettrica
- Adozione del re-surriscaldamento del vapore
- Impiego di particolari superfici di scambio per il surriscaldatore vapore
- Riduzione della temperatura dei fumi in uscita dalla caldaia
- Stoccaggio dei rifiuti sulla base della richiesta energetica
- Funzionamento in continuo per migliorare l'efficienza

E.4.4. Trattamento dei fumi

- Adeguata individuazione del sistema di trattamento dei fumi, che operi entro i valori di emissione operativi associati alle BAT (vedi Tab. E.4.1)
  - Valutazione dei consumi energetici
  - Ottimizzazione della configurazione e delle sequenze di trattamento
- Rimozione delle polveri
  - Trattamenti preliminari e finali
- Riduzione delle emissioni di gas acidi (vedi Tab E.4.2)
  - Sistemi ad umido
  - Sistemi a semi-secco
  - Sistemi a secco
  - Sistemi multistadio
  - Impiego di reagenti alcalini in fase di combustione
  - Accurata selezione del reagente alcalino
- Riduzione degli ossidi di azoto
  - Processi di riduzione selettiva catalitica (SCR)
  - Processi di riduzione selettiva non catalitica (SNCR)
  - Adeguata selezione del reagente riducente
- Riduzione delle emissioni di PCDD/DF
  - Mantenimento di adeguate condizioni e controllo della combustione
  - Prevenzione della riformazione di PCDD/DF in fase di raffreddamento dei fumi (soluzioni progettuali ed operative)
  - Impiego di processi di riduzione selettiva catalitica (SCR)
  - Impiego di filtri a maniche catalizzati
  - Distruzione termica dei materiali adsorbenti
  - Adsorbimento su carboni attivi (per iniezione nei fumi o su letto fisso)
  - Impiego di materiali carboniosi nel lavaggio ad umido, prevenzione dell' "effetto memoria"
- Riduzione delle emissioni di mercurio
  - Lavaggio in ambiente acido e impiego di additivi specifici
  - Impiego di carboni attivi tramite iniezione nei fumi o su letto fissoImpiego di sistemi di lavaggio ad umido "a condensazione"
- Altre tecniche
  - Impiego di tiosolfato di sodio per la rimozione dello iodio e del bromo

E.4.5. Trattamento delle acque reflue

- Selezione della tecnologia ottimale di incenerimento
- Impiego di sistemi di trattamento privi di effluenti liquidi
- Massimizzazione del ricircolo delle acque reflue all'interno del trattamento fumi
- Raffreddamento delle acque reflue da lavaggio fumi
- Impiego del blow-down di caldaia come acqua di lavaggio
- Riutilizzo delle acque di laboratorio come reintegro per il lavaggio fumi/spegnimento scorie
- Impiego di sistemi di scarico delle scorie a secco
- Riutilizzo del percolato da stoccaggio scorie
- Raccolta separata delle acque meteoriche pulite
- Adeguati sistemi di stoccaggio ed equalizzazione
- Impiego di sistemi di trattamento chimico-fisico
- Impiego di solfuri per la precipitazione dei metalli disciolti
- Impiego di filtrazione su membrane
- Strippaggio di ammoniaca dalle acque da SNCR
- Trattamento separato degli effluenti provenienti dai diversi stadi di lavaggio
- Trattamento biologico anaerobico delle acque reflue
- Evaporazione delle acque reflue all'interno del processo o separata
- Recupero HCl dalle acque effluenti dai sistemi ad umido
- Recupero di gesso dalle acque effluenti dai sistemi ad umido

E.4.6 Gestione dei residui solidi

- Migliore esaurimento delle scorie ("burnout")
- Separazione delle scorie dai residui da trattamento fumi
- Separazione delle particelle solide (polveri) dai sali di reazione del trattamento fumi
- Rimozione dei materiali metallici, ferrosi e non, dalle scorie di combustione
- Riutilizzo delle scorie, dopo maturazione
- Trattamento delle scorie con sistemi a secco e ad umido
- Trattamenti termici delle scorie
- Incremento della temperatura operativa e impiego di aria arricchita
- Funzionamento a temperature operative elevate ("a scorie fuse")
- Trattamento dei residui da trattamento dei fumi
  - Solidificazione in cemento
  - Incapsulamento in bitume
  - Vetrificazione e fusione
  - Estrazione acida
  - Stabilizzazione con $FeSO_4$, CO_2, H_3PO_4
  - Recupero dei sali sodici (nel caso di impiego di bicarbonato)

E.4.7 Rumore

- Sistemi di scarico e pretrattamento al chiuso
- Impiego di materiali fonoassorbenti
- Impiego di sistemi di coibentazione
- Impiego di silenziatori su valvole di sicurezza, aspirazioni e scarichi di correnti gassose

E.4.8 Strumenti di gestione ambientale

- Certificazioni UNI EN ISO 14001
- EMAS

E.4.9 Comunicazione e consapevolezza dell'opinione pubblica

- Comunicazioni periodiche a mezzo stampa locale e distribuzione di materiale informativo
- Organizzazione di eventi di informazione/discussione con autorità e cittadini
- Apertura degli impianti al pubblico
- Disponibilità dei dati di monitoraggio in continuo all'ingresso impianto e/o su Internet

F) APPROFONDIMENTO, OVE NECESSARIO, DELLE TECNICHE ANALIZZATE NEI BREF COMUNITARI E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DELLE DIVERSE TECNICHE

F.1 Analisi delle possibili BAT

F.1.1 Gestione dei materiali in ingresso ed in uscita

F.1.1.1 Analisi preliminari

Per una corretta applicazione delle tecnologie a disposizione, si rivela fondamentale la conoscenza del materiale da incenerire: la tipologia e la frequenza delle analisi merceologiche e chimico-fisiche sono funzione del tipo di rifiuto da trattare che può andare dai RU tal quali, a rifiuti pre-trattati, fino a rifiuto pericolosi e ai fanghi residui di depurazione delle acque.
L'individuazione di eventuali elementi radioattivi nel rifiuto conferito è altrettanto importante e viene solitamente effettuata tramite l'installazione di opportuni sistemi di monitoraggio all'ingresso in impianto.

F.1.1.2 Sistemi di stoccaggio

Nel caso in cui contengano materiali non pericolosi, i rifiuti sono scaricati nella fossa di stoccaggio; a seconda della tipologia del rifiuto sono previsti stoccaggi diversificati (ad es. per rifiuti ospedalieri o per fanghi) ed una sezione di triturazione nel caso venissero conferiti rifiuti ingombranti o imballati.
La fossa dei rifiuti deve essere costruita con materiali e tecniche tali da garantirne una perfetta tenuta e deve inoltre essere dotata di un sistema di drenaggio del percolato. Particolare importanza riveste il sistema antincendio di questa sezione.
La fossa di stoccaggio deve essere mantenuta in depressione onde evitare l'uscita di odori e di polveri in atmosfera; l'aria prelevata viene utilizzata come aria di combustione. Un sistema di trattamento dell'aria alternativo può essere richiesto nel caso di fermo totale dell'impianto.
La filosofia generale prevede la minimizzazione del tempo di permanenza dei rifiuti (specie se biodegradabili), compatibilmente con le necessità di gestione dell'installazione impiantistica.

F.1.1.3 Pretrattamenti

Sistemi di pretrattamento possono essere previsti per rifiuti solidi eterogenei a monte del trattamento termico; è possibile attuare una miscelazione meccanica nella fossa di stoccaggio tramite movimentazione con benna oppure utilizzare diverse tipologie di trituratori; in tal modo si ottiene una omogeneizzazione del materiale, risultante in una miglior combustione e in valori di emissione più stabili.
Per rifiuti speciali e pericolosi può essere previsto uno specifico sistema di miscelazione ("blending") al fine di ottenere una composizione "mediata" che ammortizzi possibili picchi di concentrazione di alcuni inquinanti e garantisca migliori condizioni di combustione.

F.1.1.4 Sistema di alimentazione

Le postazioni di controllo del sistema di alimentazione dei rifiuti devono essere posizionate in modo tale da consentire all'operatore la perfetta visibilità della fossa e delle tramogge di alimentazione, eventualmente coadiuvato dall'utilizzo di appositi monitor. Rifiuti liquidi e

gassosi sono alimentati direttamente al combustore in camera di combustione o di post-combustione, assicurando il tempo di permanenza necessario.
Onde evitare infiltrazioni di aria, sono da prevedere sistemi di tenuta per l'alimentazione dei rifiuti sulle tramogge di carico con serrande a battente, l'iniezione per pompaggio diretto di rifiuti liquidi e pastosi, nonché l'alimentazione tramite coclee a tenuta per i fanghi.

F.1.2 Trattamento termico – tecnologie di combustione

Il trattamento termico (combustione) deve essere appropriato alla tipologia del materiale da trattare; la scelta della tecnica di combustione ottimale deve tenere conto di:

- caratteristiche chimico-fisiche del combustibile (composizione, dimensione media) e sua variabilità nel tempo;
- caratteristiche termiche (potere calorifico, umidità);
- quantitativi di rifiuti da trattare;
- obiettivi di qualità e composizione desiderati per le scorie;
- limiti di emissione e sistemi di depurazione fumi selezionati.

Tale scelta è, inoltre, influenzata dalla comprovata affidabilità della tecnologia e dalla capacità di gestione dell'operatore, oltre che dal budget a disposizione.
Le apparecchiature principalmente impiegate sono:

- Combustori a griglia mobile (vedi punto D.2 e punto E.2.2.4) ;
- Combustori a letto fluido (vedi punto D.2 e punto E.2.3.1);
- Combustori a tamburo rotante (vedi punto D.2 e E.2.4.3).

Per tutte le tipologie di combustori è fondamentale il design della camera di combustione e di post-combustione al fine di evitare ristagni di fumi in zone a temperature tali da causare una più elevata formazione di inquinanti quali NO_X e PCDD/PCDF.
Lo studio computerizzato della dinamica dei fluidi (CFD – Computerised Fluid Dynamics) è una tecnica di progettazione di comprovata validità per tale scopo che consente di definire la migliore geometria e l'ottimale posizionamento delle soffianti dell'aria secondaria, minimizzandone il flusso; nel caso di impianti dotati di sistemi SNCR o SCR, l'applicazione della CFD è utile per ottimizzare i punti di iniezione del reagente – al fine di migliorare l'efficienza di abbattimento degli NO_X minimizzando al contempo la generazione di ammoniaca, N_2O ed il consumo di reagente.
Uno dei più importanti parametri di controllo è la turbolenza del fluido, ottenibile con diverse tecniche quali camere a vortice, deviatori di flusso o tortuosità nel cammino dei fumi, riducendo in tal modo anche il contenuto di ceneri volanti trasportate dai fumi stessi e il rischio di sporcamento (*"fouling"*) dei fasci tubieri di caldaia.
Per un accurato ed ottimale controllo delle emissioni è importante adottare una strategia operazionale che minimizzi i transitori di avviamento e di fermata riducendo in tal modo anche gli stress termici ai quali vengono sottoposte le apparecchiature di combustione e di recupero energetico e, in definitiva, i costi di manutenzione. Sotto questo punto di vista assume rilevanza ancora maggiore l'affidabilità e la disponibilità di impianto.
Particolare importanza rivestono i sistemi di controllo del processo associati agli inceneritori, in virtù del fatto che devono essere in grado di far fronte a variazioni di notevole entità nella composizione del combustibile/rifiuto rispetto agli impianti a combustibile tradizionale (fossile).
La filosofia di controllo può includere diversi tipi di informazioni di processo tra cui: la temperatura del letto di combustione nelle varie sezioni (anche attraverso controllo ottico infrarosso), lo spessore dello strato di rifiuto in combustione, le temperature dei fumi in diverse posizioni, misure quantitative dei prodotti della combustione e dell'ossigeno in diverse sezioni, dati sulla produzione del vapore.

Gli interventi per il controllo riguardano principalmente la distribuzione e la temperatura dell'aria primaria e secondaria e i dispositivi di alimentazione e di movimentazione dei rifiuti/combustibile nella camera di combustione.
L'utilizzo di sofisticati sistemi di controllo porta a notevoli benefici quali: miglior qualità delle scorie (minor tenore di incombusti), minor produzione di ceneri volanti, minor produzione di gas incombusti come CO e C_xH_y (minori *punti freddi*), minore produzione di NO_x (minori *punti caldi*), minore produzione di precursori delle diossine, miglior efficienza, minimizzazione dei flussi d'aria di processo e quindi del flusso di fumi prodotti, migliori condizioni operative per la caldaia e per la linea fumi in virtù della maggiore omogeneità di temperatura e composizione dei fumi. Tutto ciò con conseguenze positive anche sulla disponibilità di impianto e sulla sua affidabilità.
Il preriscaldo dell'aria primaria o anche secondaria ad opera di uno scambio termico con i fumi esausti o con il vapore incrementa l'efficienza di combustione e, quindi, quella di tutto il processo; esso si rende necessario in modo particolare quando si ha a che fare con un combustibile "povero" (cioè con basso PCI) e con un contenuto di umidità elevato, tale da richiedere un maggiore essiccamento prima della combustione vera e propria.
Per ottenere un'adeguata omogeneità dei fumi di combustione ed un buon esaurimento ("burn-out") delle specie volatili è necessaria una certa quantità di aria secondaria; tuttavia un flusso troppo elevato riduce l'efficienza dell'impianto e implica un maggiore dimensionamento della sezione di trattamento fumi.
Per ovviare a tale inconveniente, si può ricorrere al ricircolo parziale in camera di post-combustione dei fumi uscenti dalla depurazione, in modo tale da diminuire la portata globale dei fumi e da controllare in modo più efficace la formazione di NO_x risparmiando contemporaneamente sul reagente dei sistemi $DeNO_x$.
Ai fini della riduzione delle portate in gioco e di un conseguimento di condizioni ottimali di combustione sono state anche proposte soluzioni alternative che prevedono l'impiego di aria arricchita con ossigeno (vedi punto G.2.1).

F.1.3 Scambio termico e recupero energetico

a) Generatore di vapore
In genere il recupero termico ha inizio direttamente all'interno della camera di combustione.
Infatti quest'ultima è costituita da pareti a tubi d'acqua dotate di membrane che fanno parte del circuito di generazione del vapore. Esse sono rese refrattarie per mezzo di rivestimento speciale al fine di evitare la formazione e il deposito di scorie fuse.
L'utilizzo di tale tecnica permette di scambiare calore ad alta temperatura per radiazione e, contemporaneamente, di non far fluire i fumi attraverso i fasci tubieri della zona a convezione prima che raggiungano una temperatura di 650°C circa, riducendo i problemi di corrosione e di fouling delle ceneri volanti fuse. Per le parti più calde dei passi a radiazione si ricorre talvolta a rivestimenti in metalli speciali (Inconel).
Le caldaie possono essere progettate con un numero variabile di passi radianti e con un ultimo passo convettivo dotato di evaporatori, surriscaldatori ed economizzatori.
L'utilizzo di surriscaldatori tipo *platten* permette di ottenere una maggiore stabilità delle condizioni del vapore. Attemperatori sono previsti per il controllo della temperatura dei fumi.
I fasci tubieri sono dotati di sistemi di pulizia a soffiatori o a percussori.
All'interno del primo canale sono installati i bruciatori ausiliari necessari alle fasi transitorie di avviamento e spegnimento o in caso di rifiuti a basso PCI.
Con le più moderne caldaie (ed in funzione delle caratteristiche del rifiuto/combustibile alimentato) si riesce ad ottenere vapore surriscaldato fino a oltre 500°C e 60 bar.
Lo studio dell'architettura della caldaia è necessario per ottimizzarne l'efficienza; una buona

caldaia è caratterizzata da velocità dei gas contenute ed omogenee, distanza appropriata tra i tubi e loro geometria aerodinamica.

b) Ciclo termico:
Il vapore prodotto, a seconda della tipologia di impianto, può essere sfruttato per diversi scopi:

- sfruttamento in un ciclo Rankine per la produzione di energia elettrica attraverso l'espansione in un turbogruppo;
- scambio termico con un circuito ad acqua per la fornitura di calore ad un'utenza esterna (es. teleriscaldamento);
- fornitura diretta del vapore ad un'utenza industriale.

Può essere inoltre prevista la produzione contemporanea di calore ed energia elettrica (CHP - Combined Heat & Power).
Il ciclo termico è solitamente di tipo rigenerativo con turbina a condensazione e spillamento o a contropressione se in presenza di un'importante utenza termica.
Il condensatore può essere ad aria o ad acqua a seconda della disponibilità di corsi superficiali; quello ad acqua consente gradi di vuoto maggiori e quindi è possibile conseguire efficienze di recupero superiori.
E' possibile prevedere uno scambiatore acqua alimento/fumi esausti nel caso si riveli vantaggioso recuperare ulteriore calore dai fumi in uscita dalla caldaia (in funzione anche della tipologia di trattamento fumi prescelta).
Parte del vapore spillato può servire a riscaldare i fumi in uscita dalla depurazione nel caso siano troppo freddi per lo stadio $DeNO_x$ SCR posto a fine trattamento fumi ("tail-end") o per o per il post-riscaldamento finale prima dello scarico in atmosfera.
Per incrementare l'entalpia del vapore surriscaldato, e quindi l'energia prodotta, è possibile progettare speciali configurazioni del ciclo termico con impianti di produzione di energia esterni, quali centrali a ciclo combinato gas-vapore o centrali a carbone.
Allo stesso fine è possibile sfruttare la tecnica del ri-surriscaldamento per mezzo di bruciatori dopo l'espansione del vapore in un primo stadio di turbina.

F.1.4 Trattamento dei fumi

F.1.4.1 Rimozione di polveri e di inquinanti acidi

Diverse sono le tecniche utilizzabili per la depurazione dei fumi in uscita dalla caldaia; sono tutte rivolte a mantenere il tenore delle specie inquinanti nei fumi sotto il valore limite di emissione; esse si possono distinguere a seconda del processo impiegato:

- trattamenti ad umido;
- trattamenti a semi-secco;
- trattamenti a secco.

Tutte le tre tecniche (o loro combinazioni) possono essere considerate BAT, in funzione delle caratteristiche del rifiuto trattato, della configurazione e dimensioni dell'impianto e delle specifiche condizioni locali, come già discusso al punto D.3 e al punto E.2.9.2. E' utile fare riferimento alla tabella E.4.2.

F.1.4.1.1 Analisi comparativa delle tecniche di riduzione dell'inquinamento

F.1.4.1.1.1 Abbattimento polveri

Per l'abbattimento delle polveri le caratteristiche dei sistemi di abbattimento delle polveri maggiormente impiegati sono riportati nella tabella F.1.1.

Tabella F.1.1 – Tecniche di abbattimento delle polveri

APPARECCHIATURA	VANTAGGI	SVANTAGGI
Elettrofiltro	Costi di gestione ridotti Costi di investimento accettabili (per installazioni di elevata capacità)	Prestazioni funzione del tenore di polveri nei fumi Costi di investimento non accettabili per ridotte capacità Sovradosaggio di reattivi nel caso di iniezione a secco Presenza di pezzi soggetti ad usura: costi di gestione elevati
Filtro a Maniche	Costi di investimento inferiori per piccole e medie capacità Prestazioni molto elevate Compatibile con l'iniezione di reattivi a "secco"	Prestazioni inficiabili da possibile rottura di qualche manica Rischio di infiammabilità e esplosione per presenza di polveri combustibili

Fonte: CITEC

F.1.4.1.1.2 Sistemi di rimozione dei gas acidi

Viene di seguito riportata nella tabella F.1.2 un'analisi comparativa tra i principali sistemi di depurazione fumi dai macroinquinanti acidi (HCl, SO_x, HF). Tutti i processi analizzati hanno in comune l'introduzione di uno o più reattivi in grado di neutralizzare i composti inquinanti presenti nella corrente dei fumi. Resta sottinteso che ognuno di essi è da considerarsi applicato nelle condizioni operative ottimali.

F.1.4.2 Riduzione degli ossidi di azoto

Per il controllo della formazione degli NO_X durante la combustione è di importanza rilevante l'adozione di misure cosiddette *primarie*, cioè finalizzate a prevenire la formazione degli ossidi di azoto agendo su parametri quali la distribuzione dell'aria, la fluidodinamica in camera di post-combustione, il ricircolo di fumi depurati o l'utilizzo di aria arricchita in ossigeno e di *low-NO_X burners*.
Queste misure non sono sufficienti a garantire i limiti di emissione, per cui si ricorre all'utilizzo di misure *secondarie* in grado di far reagire chimicamente gli ossidi di azoto
Esistono due tecniche di riduzione secondaria (vedi anche punti D.3.3 e E.2.9.3):

- la riduzione di tipo catalitico (SCR, Selective Catalytic Reduction);
- la riduzione di tipo termico (SNCR, Selective Non Catalytic Reduction).

La prima è la più efficiente e garantisce il minor utilizzo di reagente (NH_3); viene normalmente applicata a valle della depurazione dei fumi per non rovinare il catalizzatore che è costituito da una serie di piastre ad elevata superficie di V_2O_5 e WO_3 su supporto di TiO_2.
La reazione di ossido-riduzione tra gli ossidi di azoto e l'ammoniaca avviene, su questo catalizzatore, ad una temperatura compresa nell'intervallo 250-400°C. Questo impone di riscaldare i fumi a valle dalla depurazione alcalina, i quali si trovano ad una temperatura di circa 70°C se uscenti da un sistema a scrubber ad umido, o variabile tra i 120°C e i 180°C se derivanti da un sistema a secco o semi-secco.
Il riscaldamento può avvenire con bruciatori dedicati o con vapore spillato dalla turbina, spesso è previsto un recupero di calore sui fumi diretti a camino. Inevitabile risulta una diretta ricaduta sui costi e sull'efficienza dell'intero processo.

Tabella F.1.2 – Tecniche di riduzione dei gas acidi

PROCESSO		VANTAGGI	SVANTAGGI
SECCO	Calce	Realizzazione impiantistica semplice Basso costo di investimento Assenza di effluenti liquidi Manodopera ridotta Facilità di inertizzazione dei residui	Gestione poco flessibile: operazione di iniezione calce delicata; regolazione difficile; basso margine di variazione della temperatura Alto eccesso stechiometrico Bassa reattività per singolo passaggio: necessità di effettuare ricircoli In caso di regolamentazioni più severe, non offre margini di evoluzione Notevole produzione di residui solidi da conferire in discarica (previa inertizzazione)
	Bicarbonato di Sodio	Realizzazione impiantistica e gestione dell'impianto semplici Costi di investimento e di gestione ridotti Manodopera ridotta Assenza di effluenti liquidi Possibilità di recupero dei residui sodici (minore richiesta di discarica) Ampio campo di temperature operative	Apprezzabile consumo di reattivo (anche se si utilizza un debole eccesso in confronto allo stechiometrico: K≅1,2) Costo del reattivo elevato (anche se l'insieme delle voci del costo di gestione risulta ridotto) Residui solidi più solubili: in assenza di valorizzazione, la stabilizzazione diventa più difficile (se si usano leganti idraulici tradizionali)
SEMI-SECCO		Costi di investimento limitati (intermedi tra il processo a secco e quello ad umido) Assenza di effluenti liquidi	Consumo di acqua Produzione significativa di residui (anche se inferiore ai processi a secco) Consumo significativo di reagente (anche se inferiore ai processi a secco); possibilità di ricircolo Gestione delicata dovuta alla fase di preparazione del reagente
UMIDO		Basso consumo di reattivi (soda) Bassa produzione di residui solidi e residui separati (ceneri volanti – torta, ecc.) Lisciviazione dei metalli pesanti contenuti nella torta minimizzata Possibilità di evoluzione facile (basta aggiungere una seconda torre) Grande flessibilità di funzionamento	Necessità di un trattamento acque Grande produzione di effluenti liquidi Costi di investimento elevati (legati al trattamento delle acque) Notevoli consumi di acqua e di elettricità Manodopera supplementare in rapporto agli altri processi (sorveglianza e mantenimento della catena di condizionamento degli effluenti)

Fonte: CITEC, modificata dal GTR

Un grande vantaggio del $DeNO_X$ SCR deriva dal fatto che è stato ampiamente dimostrato come tale processo tecnologico sia in grado di abbattere e distruggere anche le molecole di PCDD/PCDF, garantendo emissioni di gran lunga al di sotto dei limiti imposti.
Temperature non ottimali di funzionamento possono comportare effetti deleteri: temperature troppo basse non sono sufficienti alla conduzione della reazione, facendo risultare un elevato

slip di ammoniaca; se troppo alte si rischia la sinterizzazione del catalizzatore e l'ossidazione totale dell'ammoniaca.
Il catalizzatore ha, comunque, una vita utile limitata e i parametri di processo sono da controllare il modo molto accurato.
Il processo SNCR si basa sulla stessa ossido-riduzione degli ossidi di azoto con ammoniaca o urea, ma la reazione viene attivata termicamente, quindi senza la presenza di un catalizzatore. Si lavora, dunque, a temperature più elevate sebbene con efficienze minori e con maggior consumo di reagente. L'iniezione del reagente avviene direttamente in caldaia nella finestra ottimale di temperatura (850-1050 °C); a temperature più basse o per tempi di residenza non sufficienti si ha il rischio di non completare la reazione e di avere *slip* di reagente; a temperature più alte si rischia l'ossidazione totale del reagente.
Un eccesso di reagente può garantire un buon abbattimento di NO_X a fronte di un elevato *slip* di ammoniaca, con conseguente possibile presenza di NH_3 ed odori nelle ceneri leggere e della formazione di N_2O (gas con effetto serra).

F.1.5 Trattamento delle acque di processo

Una condizione importante per un buon controllo degli inquinanti nelle acque di processo è, in primis, riconducibile all'ottenimento di condizioni ottimali di combustione, tali da ridurre al minimo il tenore di incombusti nei fumi e quindi di inquinanti organici che migrano nei fumi e finiscono negli effluenti liquidi dagli scrubbers.
Gli impianti dotati di sistemi di trattamento fumi a secco o a semi-secco sono praticamente senza scarichi (*"effluent-free")*, in quanto l'acqua utilizzata per il trattamento viene tutta evaporata e scaricata con i fumi; non necessitano quindi di un apposito sistema di trattamento delle acque.
I sistemi ad umido, invece, danno luogo ad effluenti acquosi che necessitano di un trattamento o che possono essere ricircolati al processo ed evaporati, riducendo, così, il consumo di acqua agli scrubbers.
Sempre ai fini di ridurre i consumi di acqua si può parzialmente alimentare gli scrubbers con acqua di drenaggio delle caldaie o con talune acque di laboratorio che, in tal modo, vengono trattate.
I reflui degli scrubbers così come le acque di prima pioggia possono essere sfruttate per il raffreddamento delle scorie, mentre le acque meteoriche di seconda pioggia e delle coperture possono essere drenate separatamente per non contribuire ad aumentare il flusso delle acque reflue da trattare.
Si possono distinguere diverse tecniche di trattamento degli effluenti liquidi derivanti dagli scrubbers ad umido:
Trattamenti chimico-fisici, costituiti dalle seguenti fasi: neutralizzazione con reagenti alcalini (solitamente calce); flocculazione degli idrossidi metallici formatisi, per mezzo dell'utilizzo di adatti agenti flocculanti; precipitazione dei fanghi in apposite vasche di sedimentazione; essiccamento dei fanghi solitamente ottenuto con l'utilizzo di filtropresse; filtrazione dell'effluente liquido con l'utilizzo di filtri a sabbia e/o a carboni attivi.
Nel caso dell'utilizzo della tecnologia SNCR per la denitrificazione dei fumi, l'effluente degli scrubbers risulta carico di ammoniaca che può essere recuperata in una colonna di stripping; il prodotto di testa ricondensato è una soluzione ammoniacale riciclabile al processo SNCR.
Nel caso di trattamento separato delle acque reflue dei diversi stadi del sistema a scrubber umido, è possibile realizzare il recupero del gesso (solfato di calcio); quest'ultimo è il prodotto di reazione del SO_2, che viene trattato nel secondo stadio tramite l'effluente neutralizzato uscente dal primo stadio dopo flocculazione e precipitazione dei metalli.
Alternativamente, quando sussiste un elevato tenore di solfati nelle acque reflue è possibile

adottare una tecnica che prevede il loro trattamento biologico anaerobico per mezzo dell'azione di appositi batteri. I solfati vengono trasformati in solfuri e successivamente in zolfo grazie al trattamento in un secondo reattore aerobico. Lo zolfo separato per decantazione può essere riutilizzato, mentre il refluo rimanente può essere riciclato agli scrubbers.
In presenza di un elevato tenore di cloro, è anche possibile prevedere uno stadio di assorbimento con acqua dell'acido cloridrico presente nei fumi in una colonna a corpi di riempimento.
Evaporazione sulla linea di processo del FGT che prevede il riciclo delle acque reflue nel processo di trattamento fumi. La configurazione della linea fumi è costituita, in questo caso, da uno spray-drier (o da una torre di condizionamento) con eventuale neutralizzazione per mezzo di reagente alcalino, seguito da filtrazione dei residui (usualmente con filtro a maniche) e successivo scrubber, le cui acque reflue vengono ricircolate e riutilizzate allo spray-dryer. In tal modo avviene l'evaporazione dell'acqua che segue il flusso dei fumi, mentre gli inquinanti vengono scaricati in forma solida.
Evaporazione separata, tramite l'evaporazione dell'acqua contenuta nel refluo dello scrubber per riscaldamento tramite una linea vapore a bassa pressione in un sistema di scambiatori. L'acqua ricondensata è direttamente scaricabile.
Impiego di membrane, (tramite le tecniche dell'ultra-filtrazione e dell'osmosi inversa) può essere adottata in alternativa, sebbene implichi maggiori consumi energetici.

F.1.6 Trattamento dei residui solidi

La possibilità di riutilizzo o di riciclaggio dei residui solidi è determinata fondamentalmente dalle loro caratteristiche in termini di contenuto di sostanze organiche e di lisciviabilità di metalli e sali.
Per ottenere residui solidi con le migliori caratteristiche sono innanzitutto applicate tecniche di controllo diretto sul processo di combustione al fine di agevolare un completo burn-out delle sostanze organiche ed ottenere quindi un bassissimo contenuto di incombusti nelle scorie e nelle ceneri.
L'ottimizzazione della combustione può essere ottenuta in diversi modi, utilizzando griglie mobili in grado di movimentare il letto di combustione in modo adeguato, letti fluidi (solo per taluni rifiuti) o combustori a tamburo rotante; incrementando il tempo di residenza nell'ultima sezione (*ash burn-out zone*); ottimizzando la distribuzione dell'aria primaria e, ove necessario, fornendo combustibile ausiliario a supporto della combustione.
Il livello di incombusti è comunque funzione delle caratteristiche dei rifiuti e risulta minore per i rifiuti pretrattati o omogenei.
Tecniche di trattamento a valle della raccolta delle scorie e delle ceneri possono essere utilizzate per ottenere residui con caratteristiche migliori. La gestione di scorie e ceneri volanti dovrebbe avvenire separatamente, in modo da evitare la contaminazione delle scorie ed agevolarne un eventuale recupero.
Tali tecniche si possono suddividere in funzione della tipologia di residuo solido da trattare:
Scorie (*bottom ashes*): i processi utilizzati per trattare le scorie di combustione si possono dividere principalmente in sistemi a secco, ad umido e processi termici.
I primi constano solitamente di una separazione dei metalli ferrosi (utilizzando un magnete) e non ferrosi (utilizzando un separatore a correnti indotte) destinati al recupero, a valle della quale si attua la maturazione ("ageing") del materiale.
Esso consiste nello stoccaggio delle scorie per un periodo compreso tra 6 e 12 settimane in ambiente coperto; l'assorbimento di CO_2 dall'atmosfera abbassa il pH e diminuisce la lisciviabilità dei metalli residui; il materiale ottenuto può essere utilizzato come materiale da

costruzione alternativo.
I processi ad umido prevedono un lavaggio delle scorie che permette di separare la frazione più fine (fino a 2 mm) che è anche quella con più elevato tenore di metalli lisciviabili. L'eluato è riciclabile all'impianto come acqua di processo.
I processi termici consistono nella vetrificazione delle scorie per riscaldamento ad alta temperatura (fino a 2000°C); temperature maggiori sono raggiungibili con sistemi al plasma (vedi punto G.2.2). Tale sistema inertizza completamente le scorie a scapito di un consumo energetico molto elevato.
Ceneri volanti (*fly ashes*) e residui dal trattamento fumi: sia le ceneri volanti che i residui del trattamento fumi, costituiti dai sali di reazione e dalle polveri raccolte a valle del sistema di trattamento dei fumi, possono subire diversi destini:

- trattamento di stabilizzazione/solidificazione in matrice di cemento (il più diffuso), nel quale i residui reagiscono con acqua, cemento e opportuni additivi formando idrossidi insolubili che vanno a fare parte della matrice cementizia finale. I metalli, legati chimicamente, sono sottratti al dilavamento;
- trattamento di incapsulamento in sostanze bituminose, che impedisce il possibile contatto con l'acqua e quindi la lisciviazione degli inquinanti.

I prodotti finali di entrambi i trattamenti sono destinati a discarica.
Un'alternativa è rappresentata dalla vetrificazione per riscaldamento ad alta temperatura, processo analogo a quello utilizzabile per le scorie, ma con la necessità dell'aggiunta di additivi vetrificanti. Con tale trattamento molecole organiche pericolose come le diossine sono completamente distrutte.
I residui sodici derivanti da neutralizzazione con bicarbonato di sodio possono essere trattati in modo da recuperarli sottoforma di salamoia riutilizzabile. In tal modo è possibile ridurre il conferimento in discarica alla sola parte non recuperabile (indicativamente il 5-10% del totale).

F.2 Condizioni operative e prestazioni

Nella tabella F.2.1 che segue vengono riportate le condizioni operative e le prestazioni ambientali tipiche conseguibili in un moderno impianto di incenerimento, in funzione delle principali apparecchiature di combustione impiegate, nonché dei sistemi di trattamento maggiormente in uso.
Anche se rappresentativi di valori medi caratteristici della realtà nazionale, i dati riportati sono da considerarsi indicativi. Sensibili scostamenti possono verificarsi in caso di adozione di specifiche tipologie altamente inquinati e/o di particolari condizioni progettuali ed operative dell'impianto.
Per quanto riguarda i livelli di emissioni conseguibili si rimanda a quanto riportato nella tabella H.4.1.

Tabella F.2.1 - Campo di prestazioni per gli impianti di incenerimento

Parametro	u.m.	Dati caratteristici	
Dati generali impianto		**RU / CDR**	**Altre tipologie di rifiuti**
Quantità rifiuti trattati	t/a	47.000-940.000	6.000-160.000
Potenzialità impianto	t/g	150-3000	20-500
Capacità termica impianto	MW	15-300	4-100
Produzione scorie,	kg/t di rifiuto	200	50-100
Produzione ceneri	kg/t di rifiuto	50-100	100-150

Apparecchiatura di combustione		Griglia	Tamburo rotante	Letto fluido
Rifiuti trattabili (primari)		RU, CDR	RS, RSS, RP, RI	CDR, RS, fanghi
(secondari)		Fanghi, sanitari	RU, fanghi, CDR	RI
Flessibilità (su capacità carico di progetto)	%	60-100	60-100	60-100
Carico termico specifico,	kW/m^2	800-1200	1000-1500 (sez.)	1200-1800
Carico termico volumetrico,	kW/m^3	150-300	100-200	150-300
Carico di massa specifico,	$kg/m^2/h$	200-400	200-400	200-400
Temperatura operativa,	°C	850-1250	850-1400	850-950
Camera di post-combustione separata (CPC)		No	Si	No
Tempo di permanenza fumi (inclusa CPC)	s	> 2	> 2	> 2
Eccessi d'aria	%	50-100	80-150	40-70
Tenore di O_2 nei fumi umidi	%	6-9	8-14	5-8
Portata fumi.	$Nm^3/h/t$ rif.	5-8	7-10	4-7
Ricircolo fumi	%	0-20	n.a.	0-20
Tenore di incombusti nelle scorie,	% s.s.	1-3	1-3	0,5-1,5
Rendimento termico combustore/caldaia,	%	75-85	65-75	75-85
Capacità termica max per linea	MW	120	30	90
Temperatura fumi uscita generatore	°C	180-220	250-300	180-220

Ciclo termico		Griglia (RU/CDR)	Tamburo rotante (RS/RP)	Letto fluido (CDR/RS)
Tipo generatore di vapore		Integrata, passi radianti+passo convettivo orizz./vert.	Integrata, passi radianti+passo convettivo orizz.	Integrata, passi radianti+passo convettivo vert.
Capacità termica	MW	15-300	4-80	12-240

Pressione operativa	bar	40-80	10-40	35-60
Temperatura operativa	°C	360-500	200-385	320-450
Produzione specifica vapore	t/t rifiuto	3,5-4	4-5	4-5
Rendimento termico generatore di vapore	%	80-90	70-80	80-90
Rendimento elettrico lordo [1]	%	18-32	14-20	20-28
Rendimento elettrico netto [1]	%	14-27	10-16	16-24
Autoconsumi elettrici sulla potenza prodotta [2]	%	12-20	20-28	14-18 [3]

(1) Impianti di nuova generazione, in funzione della taglia
(2) In funzione della configurazione e della taglia dell'impianto
(3) Esclusi i pretrattamenti dei rifiuti

Sistema Trattamento Fumi, tipo:		**A secco**		**A semisecco**	**Ad umido**
Tipologia Temperatura operativa in/out	°C	CT (o ECO+ $CaOH_2$ +CA 200-140	$NaHCO_3$ + CA 300/300-140	$CaOH_2$ (sol.)+CA 200-140	Soluzione NaOH+CA 200-120 (RH).)
Consumi specifici di reagenti	kg/t rifiuto	15-25	10-15	15-25	n.d. [5]
Produzione residui solidi, [4]	kg/t rifiuto	40-60	8-12 [6]	40-60	n.d. [5]
Produzione reflui liquidi,	m^3/ /t rifiuto	--	--	--	n.d. [5]
Efficienze di abbattimento	%	[7]	[7]	[7]	[7]

(4) A monte del trattamento di stabilizzazione
(5) Non sono stati resi disponibili dati di dettaglio sulla situazione nazionale
(6) I valori riportati sono relativi alla sola produzione di sali sodici raccolti, di norma, separatamente dalle ceneri leggere tramite un sistema di doppia filtrazione. Essi costituiscono, mediamente, il 30-40% dei residui solidi totali da trattamento dei fumi a secco.
(7) E' funzione della tipologia di inquinante e delle relativa concentrazione in ingresso

Legenda
CT = Torre di condizionamento
ECO = economizzatore esterno al generatore di vapore
RH = riscaldamento finale dei fumi
SOL = in soluzione e/o sospensione
CA = impiego di carboni attivi

G) IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DI TALI TECNICHE

G.1 Processi e tecnologie alternativi

Nel presente capitolo verranno presi in esame alcuni processi e tecnologie che si stanno affacciando sul mercato del trattamento termico dei rifiuti, proposte come soluzioni alternative alla loro combustione diretta di tipo convenzionale.
Esse sono state sviluppate a livello di impianto pilota o dimostrativo, anche se per alcune di esse, quali la gassificazione e la pirolisi; sono da qualche anno operativi esempi di installazioni industriali.
Seppur con diversi livelli di sviluppo, ai fini delle definizione di BAT si può sicuramente affermare che esse non hanno ancora fornito tutti gli elementi (di carattere tecnico, ambientale ed economico) necessari per una loro corretta ed esaustiva valutazione (vedi punto K.1).
Esse potranno costituire in un futuro più o meno prossimo una valida alternativa all'incenerimento tradizionale, per lo meno per il trattamento di specifiche tipologie di rifiuti. Ciò non toglie che la loro applicazione non possa essere sin d'ora presa in considerazione, se non altro ai fini di una verifica della ricettività del mercato nei loro confronti, nonché dell'acquisizione di una serie di dati significativi, attraverso i quali effettuare una realistica valutazione della loro applicabilità come BAT.

G.1.1 Gassificazione

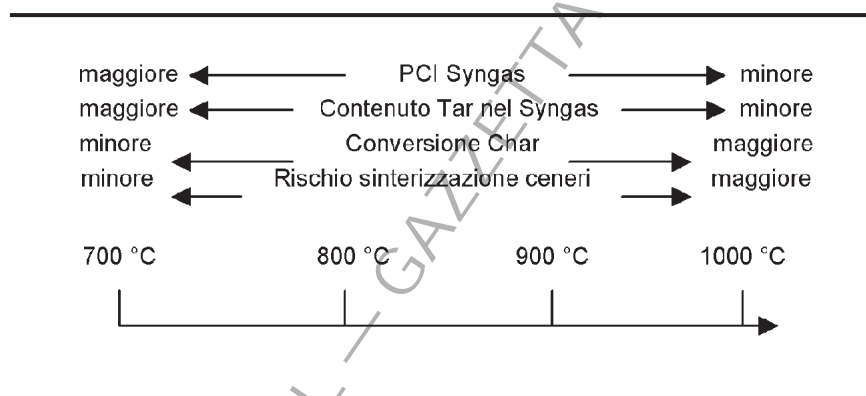
Il processo di gassificazione consiste nella conversione di un materiale solido o liquido in un gas combustibile, ottenuta tramite un'ossidazione parziale condotta sotto l'azione del calore. Al contrario della combustione, nella quale l'ossidazione viene condotta con un eccesso di comburente rispetto al valore stechiometrico, la gassificazione viene condotta con quantitativi di agente ossidante (normalmente aria, ma anche aria arricchita con ossigeno o addirittura ossigeno puro) inferiore a quello stechiometrico.
I prodotti derivati della gassificazione dei rifiuti sono costituiti essenzialmente da:

- una corrente gassosa (gas derivato o "syngas"), costituente il prodotto principale, che può contenere frazione condensabili ("TAR") a temperatura ambiente;
- un residuo solido costituito dagli inerti e dalla frazione organica non convertita ("char").

Per materiali a matrice organica, che includono una grande varietà di rifiuti, il gas prodotto consiste in una miscela di ossido di carbonio, anidride carbonica, idrogeno, metano, acqua, azoto, con quantità minori (in dipendenza dalle condizioni operative) di idrocarburi più pesanti.
Esso presenta un potere calorifico inferiore piuttosto ridotto, che è funzione delle caratteristiche del materiale trattato e delle condizioni operative del processo, in genere compreso tra 4 e 10 MJ/Nm^3 (il gas naturale ha mediamente un potere calorifico di circa 35 MJ/Nm^3) nel caso di gassificazione con aria[5]; nel caso di impiego di ossigeno si ha la produzione di un vero e proprio gas di sintesi con poteri calorifici maggiori ed in genere compresi fra 10 e 17MJ/Nm^3. Tale gas può essere impiegato come combustibile in un generatore di vapore ovvero come carburante per motori a combustione interna o per turbine a gas.

[5] La gassificazione con aria risulta di più larga applicazione essenzialmente perché più economica; il PCI del gas prodotto risulta piuttosto basso a causa dell'elevato contenuto di azoto che può raggiungere anche il 60% in volume.

Nella maggior parte dei casi il gas prodotto dalla gassificazione di rifiuti contiene composti condensabili e particelle solide, che debbono essere rimosse prima del suo successivo impiego. Il contenuto di tali composti dipende, oltre che dal rifiuto, soprattutto dalle condizioni operative di gassificazione.
Nel processo di gassificazione il calore necessario al processo viene fornito, in toto o parzialmente, dalle reazioni di ossidazione parziale che riducono le esigenze di apporti di calore dall'esterno[6]. La temperatura e la sua distribuzione all'interno del reattore influenzano le caratteristiche del gas ottenuto e la ripartizione percentuale fra i vari prodotti ottenibili, come riportato qualitativamente nella figura G.1.1
Anche se il processo può essere condotto in un ampio campo di temperature, di norma la formazione del gas ha luogo a temperature dell'ordine dei 750 °C o superiori. La temperatura operativa risulta di norma compresa fra 800-1100 °C nella gassificazione con aria e tra 1000-1400 °C in caso di impiego di ossigeno.

Figura G.1.1 - Influenza della temperatura sulle caratteristiche dei prodotti

Fonte: ENEA

Attualmente i migliori risultati nell'applicazione del processo di gassificazione sono stati ottenuti su rifiuti aventi caratteristiche piuttosto omogenee. Per questo nel caso di RU si preferisce applicarla ad un combustibile derivato (CDR) ovvero ad un rifiuto che ha subito un processo di pretrattamento, ad esempio attraverso una pirolisi.

Per l'applicazione industriale dei processi di gassificazione (e pirolisi) dei rifiuti sono state proposte differenti configurazioni impiantistiche, anche molto diversificate fra loro, che possono essere raggruppate secondo i seguenti parametri:

- la tipologia dell'apparecchiatura di conversione;
- le condizioni operative adottate nel ciclo completo di produzione ed utilizzo del gas derivato e di eventuali altri sottoprodotti.

Riguardo alle tipologie di apparecchiature adottate è possibile, in linea generale, raggruppare le apparecchiature impiegate nelle seguenti tipologie, riferibili sia alla gassificazione sia alla pirolisi:

- reattori a letto fisso;
- reattori a letto fluido;

[6] La gassificazione è un processo globalmente esotermico e, come tale non necessita di apporto di calore dall'esterno; tuttavia tra le varie reazioni che avvengono, alcune sono di tipo endotermico.

- reattori a letto mobile;
- reattori di tipo particolare.

Per quanto riguarda specificatamente la gassificazione, con riferimento alle diverse tipologie di apparecchiature precedentemente individuate, vengono riportati sinteticamente nella tabella G.1.1 i vari tipi di configurazione attualmente messi a punto per la realizzazione del contatto solido-gas.

Ciascuna tipologia presenta vantaggi e svantaggi e va selezionata in funzione delle caratteristiche del materiale da trattare e di quelle desiderate per il gas derivato. In generale la differenza sostanziale risiede nei differenti tempi di residenza (dell'ordine delle ore nei gassificatori statici, dei minuti in quelli a letto fluido ed anche inferiore in particolari tipologie di apparecchiature) e nella velocità di riscaldamento, variabile da alcuni °C/s (letto fisso) a 10^2-10^3 °C/s (letti fluidi ed altre specifiche tipologie di reattori).

Tabella G.1.1 - Tipologie di reattori di gassificazione

Tipo di Reattore	Modalità di Contatto
Letto Fisso:	
"Downdraft"	Il solido ed il gas si muovono verso il basso, in equicorrente.
"Updraft"	Il solido si muove verso il basso e il gas si muove verso l'alto, in controcorrente.
Equicorrente	Il solido e il gas si muovono nella stessa direzione, ad es. come nel caso "downdraft" oppure entrambi verso l'alto.
Contro corrente	Il solido e il gas si muovono in direzioni opposte (ad es. come nel caso "updraft" ma i flussi delle correnti possono anche essere invertiti).
Correnti incrociate	Il solido si muove verso il basso, il gas si muove perpendicolarmente, cioè con moto orizzontale.
Varianti	Letto mescolato, gassificazione in due stadi.
Letto Fluido:	
Bollente	Velocità gas relativamente bassa, il solido inerte resta all'interno del reattore.
Circolante	Il solido inerte viene trascinato con la corrente gassosa, separato e ricircolato.
Trascinato	Presenta elevate velocità della fase gassosa più leggera, può essere realizzato in un reattore di tipo ciclonico.
Reattori accoppiati	La pirolisi (e/o la gassificazione con vapore) avviene nel 1° reattore, il char prodotto viene trasferito nel 2° reattore, dove è combusto per riscaldare l'elemento fluidificante la ricircolazione. Come combustore viene di norma impiegato un letto bollente.
Letto Mobile:	Il solido è trasportato meccanicamente di norma orizzontalmente. Esso è tipicamente usato per processi a bassa temperatura quali la pirolisi.
Varianti	Piani multipli, letto mobile orizzontale, piani inclinati, cilindro con coclea.
Altro:	
Tamburo Rotante	Garantisce un buon contatto gas-solido, tramite la rotazione.
Reattori di tipo ciclonico o "Vortex"	Sfruttano i fenomeni di attrito e abrasione derivanti dall'alta velocità delle particelle per conseguire elevate velocità di reazione.

Fonte: ENEA

Nella Tabella G.1.2 vengono invece riassunti i principali vantaggi e svantaggi dei gassificatori maggiormente impiegati per il trattamento termico di rifiuti.

Per la gassificazione sono stati sperimentati sistemi con aria o con ossigeno (o anche con aria arricchita di ossigeno), operanti sia a pressione atmosferica sia in pressione. L'impiego di ossigeno (o di aria arricchita) porta come conseguenza a portate inferiori di gas, con migliori poteri calorifici, ma necessita di costi aggiuntivi per il suo approvvigionamento e può dare luogo a problematiche di gestione supplementari legate a questioni di sicurezza.

Tabella G.1.2 - Vantaggi/svantaggi dei vari tipi di gassificatori

Gassificatore	Vantaggi	Svantaggi
"Downdraft"	Alta conversione del carbonio. Bassa produzione di catrame (tar). Limitato trascinamento di ceneri. Elevato tempo di residenza dei solidi. Semplicità costruttiva.	Bassa capacità specifica. Necessità di pezzatura uniforme in ingresso. Formazione di scorie sulla griglia. Richiede materiali piuttosto secchi. Limitata flessibilità di carico.
"Updraft"	Alta efficienza termica. Può trattare materiali di differente pezzatura. Può trattare materiali molto umidi (fino al 50%). Non esistono problemi di "scale-up".	Alto contenuto di tar nel syngas. Contenuto energetico del tar >20%. Basse produzioni di H_2 e CO. Richiede un successivo trattamento di cracking del tar.
Letto Fluido Bollente	Mescolamento e contatto gas-solido elevati. Elevati carichi termici specifici. Buon controllo della temperatura. Può trattare materiali con caratteristiche variabili. Buona flessibilità di carico. Semplicità di avvio e fermata.	Perdita di carbonio con le ceneri. Necessità di pretrattamento dell'alimentazione. Limitazioni sulla taglia.
Letto trascinato	Bassissime produzioni di tar. Basso contenuto di CH_4 nel syngas. Elevate conversioni.	Possibile di fusione delle ceneri. Perdita di carbonio con le ceneri. Richiede la riduzione della pezzatura e la preparazione dell'alimentazione (slurrying). Mediocre contatto gas-solido. Necessita di materiali particolari. Funzionamento in pressione. Problemi di sicurezza.

Fonte: ENEA

L'utilizzo di sistemi in pressione consentirebbe, in linea di principio, l'alimentazione diretta del gas prodotto in una turbina a gas. Questa soluzione risulta essere particolarmente interessante per la possibilità di ottenere elevati rendimenti di conversione in energia elettrica anche tramite l'eventuale accoppiamento con cicli convenzionali a vapore basati sul recupero del calore dei fumi di scarico della turbina.

Allo stato attuale, tuttavia, le già citate non eccellenti caratteristiche qualitative del gas

ottenuto rendono necessari trattamenti preventivi di depurazione che determinano consistenti riduzioni sia di temperatura, sia di pressione, attenuando di molto i vantaggi applicativi di tali soluzioni. A questo riguardo, di sicuro interesse appaiono, in prospettiva, le possibilità legate allo sviluppo di sistemi di depurazione ad alta temperatura e di conversione del TAR tramite cracking termico o catalitico. In pratica i sistemi attualmente proposti prevedono, nella maggioranza dei casi, l'adozione di tecnologie a pressione atmosferica.

G.1.2 Pirolisi

Il processo di pirolisi consiste nella degradazione termica di un materiale, condotta in totale assenza di agente ossidante. In pratica essa consiste in una sorta di estremizzazione del processo di gassificazione, anche se l'eliminazione completa dell'ossigeno risulta alquanto difficoltosa da ottenere (si pensi anche al fatto che molti rifiuti contengono quantità rilevanti di ossigeno) per cui durante la pirolisi si assiste anche all'ossidazione di alcuni composti. Il processo, in quanto tale, è complessivamente endotermico e richiede pertanto apporto di calore dall'esterno, in genere ottenuto attraverso la combustione di parte dei prodotti ottenuti, con particolare riguardo alla frazione gassosa.
Il processo di pirolisi viene, di norma, condotto in un campo di temperature comprese tra 400 e 800 °C. In pratica l'azione del calore su di un rifiuto si esplica attraverso la rottura delle molecole complesse con formazione di composti più leggeri; il risultato del trattamento è quindi la produzione di un gas (gas di pirolisi), di una frazione liquida a temperatura ambiente (olio) e di un residuo solido ancora combustibile (char).In linea generale i prodotti gassosi rappresentano dal 15% al 30% in peso del prodotto iniziale, con un'incidenza percentuale crescente con la temperatura del processo, e sono costituiti essenzialmente da idrogeno, monossido di carbonio, anidride carbonica, idrocarburi leggeri (metano, etano, etilene ed acetilene) ed altri costituenti minori.
Il residuo liquido ottenibile dalla condensazione della fase vapore rappresenta, mediamente, il 50-60% in peso del materiale di partenza: esso contiene notevoli tenori di umidità (sino al 60-80%) ed è costituito da sostanze organiche complesse quali alcoli, chetoni ed idrocarburi condensabili di varia natura.
I residui solidi rappresentano circa il 20-30% in peso del materiale iniziale, ed hanno un potere calorifico mediamente compreso tra 5000 e 6000 kcal/kg: essi sono costituiti da sostanze a base carboniosa, simili ai carboni bituminosi alle basse temperature di pirolisi (400-500°C) ed a quelli di tipo antracitico a temperature più elevate (800-900°C).
I prodotti di pirolisi possono avere diversi impieghi, in funzione del tipo di materiale trattato, anche se per il trattamento di rifiuti l'utilizzo più frequente è l'impiego come combustibile per la produzione di energia. Le caratteristiche dei materiali ottenuti e le loro quantità relative dipendono, oltre che dal tipo di materiale trattato, dalle condizioni operative con le quali viene condotta la pirolisi, in particolare la temperatura ed il tempo di esposizione del materiale a tale trattamento.
Tempi lunghi di esposizione a temperature moderate favoriscono la produzione di char, mentre un'esposizione limitata a temperature medio-alte massimizza la produzione delle frazioni liquide. Ad esempio con tempi di esposizione molto brevi (inferiori a 1 secondo) a temperature dell'ordine dei 500 °C è possibile ottenere una resa in liquidi fino all'80 % della carica; per fare ciò è necessario "congelare" le reazioni e favorire la condensazione delle frazioni gassose formatesi attraverso un brusco raffreddamento (quenching) che consente di evitare la formazione di composti più leggeri che resterebbero allo stato gassoso a temperatura ambiente.
Se lo scopo principale invece è la formazione di un gas, è possibile ottenere un combustibile di buon potere calorifico (di norma compreso fra 3500 e 5000 kcal/Nm^3), molto più elevato di

quello producibile attraverso la gassificazione; in quest'ultimo processo una parte delle frazioni gassose finiscono per essere ossidate e, qualora sia impiegata aria, si ha la presenza di notevoli quantitativi d'azoto nel gas di sintesi prodotto.
Le diverse condizioni operative attraverso le quali viene condotto il processo di pirolisi vengono principalmente individuate attraverso il tempo di permanenza del materiale nelle condizioni caratteristiche del trattamento.
Ciò consente di classificare tale processo secondo le seguenti categorie:

- "slow pyrolysis" o carbonizzazione, caratterizzata da basse velocità di reazione e temperature limitate (300-500 °C), in modo da massimizzare la resa in prodotti solidi (char);
- pirolisi "convenzionale", in grado di fornire prodotti gassosi, solidi e liquidi, in quantità variabili in funzione soprattutto della temperatura operativa;
- pirolisi" fast" o "flash", finalizzata a massimizzare la produzione di composti leggeri (gassosi o liquidi), suscettibili di ulteriori successivi trattamenti per l'impiego come combustibili o materia prima per l'industria chimica.

Per quanto riguarda le apparecchiature di pirolisi esse sono più o meno le stesse impiegate per la gassificazione (letto fisso, letto mobile, letto fluido tamburo rotante); le esperienze più significative hanno riguardato tuttavia l'impiego del tamburo rotante con riscaldamento indiretto.

G.1.3 Le tecnologie basate su processi combinati

I trattamenti termici di rifiuti basati su un singolo stadio di gassificazione o pirolisi ben si adattano al trattamento di rifiuti piuttosto omogenei quali quelli costituiti da rifiuti agricoli e forestali, che presentano limitate variazioni delle loro caratteristiche chimico-fisiche. In questo caso essi riescono a garantire, oltre alla compatibilità ambientale, anche interessanti risvolti economici in termini di costi di investimento e di esercizio.
Sono state tuttavia sviluppate alcune tecnologie più complesse, che impiegano la combinazione di due o più processi di trattamento termico, in grado di trattare rifiuti (e anche miscele di rifiuti) aventi caratteristiche meno omogenee e variabili nel tempo, quali, ad esempio i RU ed alcune tipologie di rifiuti industriali.
L'adozione di processi combinati può scaturire dall'esigenza di conseguire particolari obiettivi di trattamento, molto spesso legati alla volontà del proponente di accedere a specifici segmenti di mercato ovvero alla necessità di fare fronte a precisi vincoli o prescrizioni, soprattutto di carattere ambientale, che possono essere presenti a livello locale.
Nella tabella G.1.3 sono sinteticamente riportate le possibili combinazioni di processi attualmente proposte.
La combinazione di diversi processi, oltre che da un'esigenza commerciale di "personalizzare" la propria tecnologia, deriva principalmente da differenti obiettivi che si vogliono conseguire, in funzione anche della situazione locale nella quale l'impianto sarà installato.
Così, ad esempio trattamenti che prevedono solo uno stadio secondario di combustione sono finalizzati alla massimizzazione del recupero evitando la necessità di trattare preventivamente il gas prima del suo impiego finale. Processi invece che abbinano la pirolisi e la gassificazione tendono a massimizzare il recupero del gas derivato, che tuttavia necessita di trattamenti di depurazione preventiva prima del suo impiego come combustibile in installazioni di recupero energetico non convenzionali (turbogas, motori alternativi, cicli combinati ad alta efficienza) ovvero come materia prima secondaria per l'industria chimica.

Tabella G.1.3 - Tecnologie basate su processi combinati

Pirolisi + gassificazione
Pirolisi + combustione
Gassificazione + combustione
Pirolisi + gassificazione + combustione
Gassificazione + vetrificazione[7]
Pirolisi + vetrificazione
Gassificazione + combustione + vetrificazione

Trattamenti infine che prevedono uno stadio di vetrificazione dei residui solidi mirano ad ottenere un prodotto stabile, creando le condizioni di un suo potenziale riutilizzo, a scapito della quantità netta di energia elettrica e/o termica potenzialmente recuperabile.

G.1.4 Il recupero energetico tramite gassificazione e pirolisi

La possibilità di utilizzo energetico dei gas prodotti da processi di pirolisi o gassificazione sono strettamente legate, oltre che al loro contenuto energetico, alla presenza di alcune componenti minori che possono rendere problematico sia il trasporto ad utenze esterne all'impianto sia l'eventuale impiego. Tra queste particolare importanza rivestono le particelle solide trascinate, i gas acidi (HCl H_2S, acidi organici) ed alcalini (NH_3) ed il TAR, costituito da un complesso di idrocarburi pesanti condensabili. Quest'ultimo, in particolare, può formare depositi viscosi di sostanze oleose e polveri a seguito del raffreddamento del gas già a temperature intorno ai 250-300°C, con conseguenti problemi di sporcamento e di intasamento delle superfici e degli organi meccanici.
Il trasporto a distanza del gas o il suo utilizzo in apparati o in cicli di produzione di energia elettrica ad elevato rendimento (motori alternativi, turbine a gas) richiede, di norma, trattamenti di depurazione piuttosto spinti (depolverazione, lavaggi multistadio) che, oltre alle complicazioni di carattere operativo-gestionale, determinano un impoverimento del contenuto energetico del gas, sia in termini di calore sensibile (raffreddamento) che di potere calorifico (rimozione del TAR).
In generale lo sfruttamento energetico del gas prodotto può essere effettuato secondo due alternative:

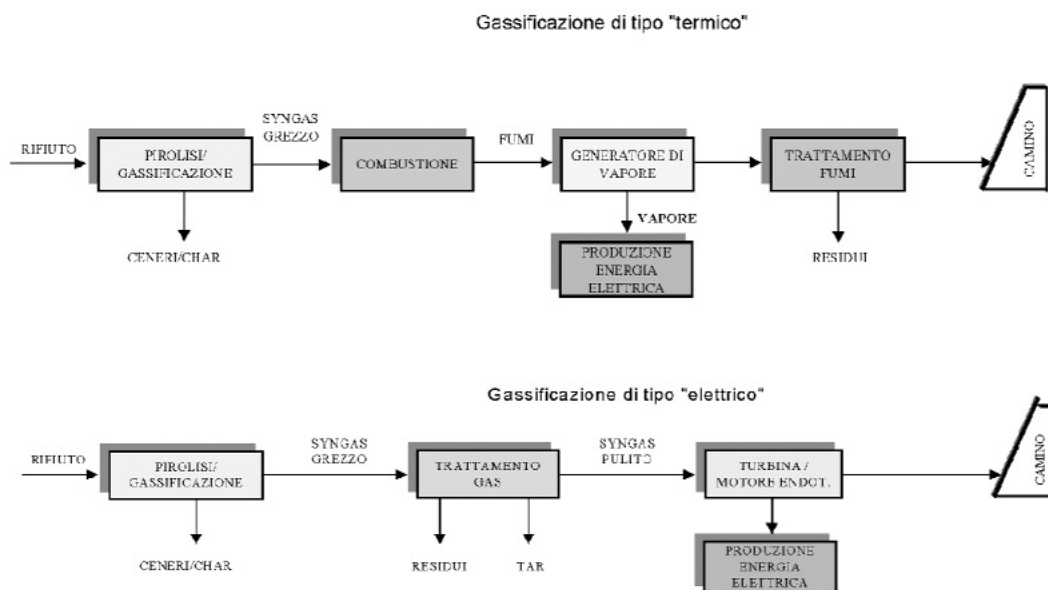
- la combustione diretta del gas così come prodotto oppure dopo trattamenti non particolarmente spinti, in sistemi convenzionali di combustione (es.: caldaia) posti a valle del gassificatore (conversione di tipo "termico");
- l'utilizzo del gas di sintesi in installazioni non costituite da centrali termiche convenzionali (motori alternativi, turbine a gas), previa depurazione spinta (gassificazione di tipo "elettrico").

I relativi schemi di flusso sono riportati in forma sintetica nella figura G.1.2

[7] La vetrificazione delle scorie è un processo mirato all'ottenimento di residui solidi allo stato vetroso, in pratica non lisciviabili.

Figura G.1.2 - Modalità di recupero energetico da pirolisi/gassificazione dei rifiuti

Gassificazione di tipo "termico"

Gassificazione di tipo "elettrico"

Fonte: ENEA

Questa soluzione non differisce sostanzialmente dalla combustione convenzionale dei rifiuti. La differenziazione diviene pressoché formale in alcuni casi nei quali non è possibile separare fisicamente la fase di pirolisi/gassificazione da quella di combustione finale del gas derivato, per cui il trattamento viene a configurarsi come un incenerimento in due stadi e come tale, giustamente, sottoposto a tutte le prescrizioni e le normative ad esso applicabili[8].
Nella gassificazione di tipo "elettrico", invece, risultano ben distinte le due fasi della "produzione del gas derivato" e del suo "impiego in turbina o motore endotermico" per la produzione di energia elettrica, previo trattamento di depurazione spinta.
E' proprio questa soluzione che, allo stato attuale, presenta maggiori potenzialità di sviluppo, in quanto, sulla base di quanto già sperimentato con il carbone ed alcune biomasse, la produzione di un combustibile gassoso destinato ad essere impiegato in una turbina consente l'adozione di cicli combinati per la produzione di energia elettrica.
Dal recupero energetico effettuato sui fumi di scarico della turbina è possibile produrre vapore da destinare alla produzione di energia elettrica tramite espansione in una turbina secondaria. Questa soluzione offre la possibilità di incrementare notevolmente il rendimento di conversione in energia elettrica, con conseguenti benefici di carattere economico ed ambientale .
Un confronto fra le due soluzioni alternative di impiego del syngas prodotto ai fini della produzione di energia è riportato, in forma sintetica, nella tabella G.1.4, nella quale sono evidenziati i rispettivi vantaggi e svantaggi.

---

[8] E' ovvio tuttavia che i fornitori di tali tecnologie tendano a commercializzare tali impianti come impianti di gassificazione, nel tentativo di eludere proprio la diffusa ostilità da parte dell'opinione pubblica verso l'incenerimento.

Tabella G.1.4- Vantaggi / Svantaggi delle diverse modalità di combustione del syngas

Opzione	Vantaggi	Svantaggi
Combustione del syngas "grezzo" (gassificazione di tipo "termico")	Il TAR fornisce PCI addizionale con conseguente incremento dell'energia producibile. Non è necessaria la rimozione del TAR/dal syngas. Non è previsto nessun trasporto o stoccaggio del syngas. Maggiore sicurezza di esercizio.	E' paragonabile all'incenerimento. Maggiori volumi di fumi da trattare, con conseguente incremento dei relativi costi. Costi operativi mediamente superiori. Potenziale maggiore impatto sull'ambiente. Minore accettabilità da parte dell'opinione pubblica. Maggiori dimensioni di impianto. Necessità di controlli più rigorosi sulle emissioni.
Combustione del syngas "pulito" (gassificazione di tipo "elettrico")	Necessità di trattare volumi minori di gas. Costi operativi inferiori. Minori dimensioni dell'impianto. Produzione di un combustibile derivato pulito. Possibilità di ritorni economici dal recupero del TAR. Rischi di sporcamento e corrosione ridotti nelle apparecchiature di conversione di energia. Migliore accettabilità da parte delle autorità e dell'opinione pubblica. Consente la conversione diretta del syngas prodotto attraverso turbine o motori endotermici	Il trattamento del gas presenta delle difficoltà operative. Maggiori complicazioni impiantistiche. Maggiori rischi in tema di sicurezza e salute.

Fonte: ENEA

Occorre anche rilevare che, da un punto di vista normativo, un gas di sintesi depurato costituisce un vero e proprio prodotto (materia prima seconda) e, quindi, il suo impiego non dovrebbe essere più disciplinato dalla normativa afferente alla gestione dei rifiuti.

G.2 Altre tecnologie in fase di sviluppo per applicazioni particolari

G.2.1 Combustione con aria arricchita o ossigeno puro

Una delle maggiori critiche nei confronti dell'incenerimento è riconducibile all'enorme massa di fumi che si generano dai processi di combustione, legati alla presenza dell'azoto che è il principale costituente (circa 80% in volume) dell'aria impiegata come comburente. Esso non partecipa direttamente al processo, ma la sua presenza comporta il sovradimensionamento delle apparecchiature costituenti il sistema di trattamento dei fumi oltre che a ridurre i livelli di recupero energetico, a causa del contenuto entalpico dei fumi emessi in atmosfera.
Per ovviare a questi inconvenienti sono state proposti vari processi di incenerimento che impiegano aria arricchita con ossigeno ovvero ossigeno puro come comburente, sviluppati sia al fine di ridurre le dimensioni degli impianti, sia per il trattamento di particolari tipologie di rifiuti.

G.2.1.1 I processi SYNCOM e SYNCOM-PLUS

Il processo SYNCOM (**SYN**thetic **COM**bustion) è stato messo a punto quale risposta alle

nuove tecnologie di gassificazione, in grado di ridurre la produzione specifica dei fumi per tonnellata di rifiuto e di migliorare sia i livelli di recupero energetico che la qualità dei residui solidi prodotti.
Si tratta di una combustione su griglia che fa uso, per una particolare zona del forno, di aria arricchita con ossigeno. Questo accorgimento consente, oltre a migliori condizioni di combustione, di ridurre la portata di fumi effluenti di circa il 35 %, con conseguenti minori dimensioni e costi del sistema di trattamento di fumi.
Oltre alla variante base è stata sviluppata di recente anche una soluzione alternativa (SYNCOM-PLUS) che prevede la possibilità di trattare le scorie e gran parte delle ceneri leggere (in quantità massima pari a circa il 75% del totale) direttamente all'interno della camera di combustione al fine di ottenere un residuo completamente sinterizzato, con caratteristiche di lisciviabilità molto ridotte.
I dati caratteristici delle due tecnologie sono riportati in forma sintetica nella tabella G.1.5.

Tabella G.1.5 - Dati caratteristici dei processi Syncom e Syncom-Plus

Processo	Syncom	Syncom-Plus
Dati caratteristici	✓ Impiego di aria arricchita con ossigeno ✓ Impiego del ricircolo dei fumi ✓ Controllo della combustione assistita con camera IR	*(addizionali):* ✓ Trattamento delle scorie di combustione ✓ Ricircolo delle scorie non sinterizzate ✓ Ricircolo sensorizzato di quota parte delle ceneri leggere
Prestazioni (rispetto a griglia tradizionale	✓ Portata fumi ridotta del 35% ✓ Temperatura del letto superiore ✓ Riduzione del quantitativo di ceneri leggere	*(addizionali):* ✓ Residui sinterizzati senza ulteriori trattamenti ✓ Perdita di agnizione < 0,1% ✓ Lisciviabilità dei metalli molto bassa ✓ Quantitativi di ceneri ridotte (< 7 kg/t di rifiuto)
Stato di sviluppo	✓ Tre impianti pilota operativi ✓ Impianto industriale in corso di realizzazione	✓ Singoli componenti collaudati industrialmente ✓ Un impianto semi-industriale operativo (Yokohama) ✓ Un impianto semi-industriale in costruzione (Clausthal)

Fonte: Gohlke et Al.

G.2.1.2 Il processo DISMO

Il processo DISMO (**DIS**sociazione **MO**lecolare) è basato sul principio di una combustione con aria arricchita (fino al 100% di ossigeno) effettuata sotto pressione (variabile da 2 a 10 bar).
In tale modo è possibile conseguire livelli di temperatura molto elevati, dell'ordine dei 2000-2200 °C, con ridotte portate dei fumi (in conseguenza dell'assenza dell'azoto che costituisce circa l'80% in volume dell'aria di combustione), nonché migliori condizioni di combustione, anche con rifiuti a basso PCI.
I fumi prodotti passano in una seconda camera nella quale subiscono un'espansione semi-adiabatica, in conseguenza della quale si separano la stragrande maggioranza dei metalli (sotto forma di ossidi) e degli inerti presenti nei rifiuti.
La ridotta portata di fumi riduce le dimensioni delle apparecchiature e può portare a semplificazioni nel successivo sistema di trattamento dei fumi, nonché dare luogo a

potenziale maggiore recupero energetico (ove previsto).
Per contro occorre evidenziare che l'impiego di ossigeno puro può risultare gravoso in termici sia energetici che economici, oltre a creare problemi addizionali di sicurezza rispetto agli impianti di combustione di rifiuti di tipo tradizionale.
Le sue caratteristiche lo rendono in particolar modo idoneo al trattamento di un'ampia gamma di rifiuti industriali a matrice organica, anche pericolosi.
Dopo alcune prove su un'unità pilota installata presso l'impianto di incenerimento di RU dell'HERA di Rimini, è stato realizzato un primo impianto su scala industriale con il quale sono state fatte alcune esperienze riguardanti il trattamento di rifiuti vari quali, tra gli altri, vernici, solventi alogenati, fanghi di raffineria, imballaggi plastici contaminati, oli contenenti PCB, pesticidi e farmaci scaduti.

G.2.2 Processi all'arco-plasma

I processi all'arco plasma possono essere considerati a tutti gli effetti dei processi di pirolisi o di piro-gassificazione (se condotto in presenza di ossigeno), nei quali l'energia termica viene fornita tramite una torcia plasma, alimentata da corrente elettrica.
La torcia plasma è un dispositivo attraverso il quale è possibile generare correnti gassose ad elevatissima temperatura (fino a valori dell'ordine dei 10.000 °C).
Per la sua generazione è necessario l'impiego di un una scarica (tramite un arco elettrico) attraverso un gas, la cui natura influisce poco sulla generazione della scarica stessa, ma può influenzare notevolmente le caratteristiche dei prodotti gassosi ottenuti. L'arco può scoccare tra la torcia ed un bagno fuso ("arco trasferito") o tra due elettrodi posti all'interno della torcia stessa ("arco non trasferito").
Nel passaggio attraverso il gas l'energia elettrica viene convertita in energia termica, assorbita dalle molecole del gas. Queste ultime vengono ridotte ad uno stato atomico ionizzato, perdendo degli elettroni. Quando le molecole o gli atomi abbandonano lo stato energetico eccitato ritornando a livelli di contenuto energetico inferiore, viene emessa energia radiante che è assorbita dal materiale su cui il flusso gassoso insiste.
Questo flusso di energia consente l'innalzamento della temperatura, con conseguente innesco di reazioni di pirolisi e gassificazione che portano alla distruzione del rifiuto, ivi inclusi i composti altamente pericolosi in esso contenuti.
Tale dispositivo ha trovato da decenni applicazioni in vari campi industriali quali ad esempio, il recupero di metalli nel settore metallurgico dalle scorie di trattamento. Vi sono inoltre alcune applicazioni per lo smaltimento di rifiuti speciali e pericolosi (di natura organica ed inorganica).
Di recente si sta proponendo la sua applicazione al recupero energetico di rifiuti, in considerazione del fatto che, in presenza di rifiuti organici, il gas derivato dal trattamento dei rifiuti può presentare caratteristiche interessanti come combustibile alternativo.
Dal punto di vista di principio l'applicazione della torcia plasma può avvenire secondo due diverse modalità:

- Applicazione della torcia direttamente al rifiuto da trattare (in pezzatura adeguata), in linea generale quando è prevalente la funzione di termodistruzione del rifiuto;
- Applicazione della torcia al gas prodotto da un processo di gassificazione posto a monte, quando lo scopo principale è quello di massimizzare la produzione di un gas combustibile ad alto contenuto di componenti leggeri.

Allo stato attuale per il recupero energetico di rifiuti (RU e RS) risulta operativo un unico impianto su scala industriale in Giappone che impiega il processo PDMR della Hitachi Metals che prevede una piro-gassificazione con torcia plasma, cui segue una combustione diretta del gas grezzo prodotto ed il recupero energetico in un ciclo a vapore di tipo convenzionale.

Non si ha invece notizia di impianti industriali che producano un syngas depurato, idoneo all'alimentazione di una turbina a gas per la produzione di energia elettrica.

G.2.3 Produzione di correnti gassose ricche in idrogeno

Il processo di gassificazione dei rifiuti, condotto in opportune condizioni operative, può condurre alla produzione di correnti gassose ricche in idrogeno, dalle quali tale gas può essere eventualmente separato tramite post-trattamenti di arricchimento, già consolidati sotto l'aspetto tecnico-impiantistico, che consentono di avere a disposizione un gas impiegabile sia per la produzione di energia in apparecchiature ad alta efficienza (cicli combinati, celle a combustibile) oppure come materia prima per l'industria chimica e petrolchimica.
Queste tecnologie fanno uso di uno stadio di gassificazione ad alta temperatura (realizzabile, ad esempio, tramite impiego di ossigeno puro come comburente ovvero di tecniche di piro-gassificazione che consentono un'accurata somministrazione del calore quali i processi all'arcoplasma) per l'ottenimento di una corrente gassosa ricca in composti leggeri (H_2, CO e CH_4 in misura minore).
Successivamente viene quasi sempre previsto un secondo stadio di conversione ("shift") che , in opportune condizioni operative e sotto l'azione di opportuni catalizzatori, consente di convertire, tramite la reazione fra CO ed H_2O, la quasi totalità del CO in H_2, massimizzandone la produzione (concentrazioni del 50 % ed oltre). La corrente ricca in H_2 potrebbe essere impiegata tal quale, oppure tramite una successiva separazione, ad esempio su setacci molecolari, degli altri gas (essenzialmente CO_2), trovare impiego come materia prima per l'industria petrolchimica oppure per la produzione di energia in apparecchiature di conversione ad elevata efficienza (es.: celle a combustibile).
Tale tipo di processo è già sviluppato per la produzione di H_2 da combustibili fossili (carbone, metano, combustibili liquidi). Per il trattamento di rifiuti sono disponibili solo alcune esperienze a livello di impianto pilota.

G.3 Trattamento termico di rifiuti integrato in impianti di produzione di energia

E' stato più volte evidenziato che uno dei limiti della produzione di energia elettrica dall'incenerimento dei rifiuti è costituito dalle condizioni del vapore (pressione, temperatura) piuttosto modeste (rispetto alle centrali termoelettriche convenzionali) che occorre mantenere al fine di limitare i fenomeni di corrosione connessi con l'alta aggressività dei fumi.
Una delle soluzioni proposte di recente consiste nella realizzazione, ove possibile, di impianti di trattamento termico di rifiuti presso centrali termoelettriche esistenti.
In queste modo è possibile ovviare, in parte, alle suddette limitazioni, tramite un integrazione dei due impianti che può avvenire secondo diverse modalità, tra le quali si citano in modo non esaustivo:

- Produzione di vapore saturo nella caldaia dell'inceneritore e surriscaldamento dello stesso nella caldaia della centrale;
- Impiego dei fumi, parzialmente depurati, da incenerimento rifiuti all'interno del processo di combustione della centrale;
- Impiego dei fumi di combustione dei rifiuti in caldaie a recupero poste a valle di una turbina a gas;
- Produzione di un gas di sintesi tramite gassificazione dei rifiuti e suo impiego come combustibile ausiliario all'interno della centrale termoelettrica.

In tutti questi casi la finalità è comunque quella di incrementare i livelli di rendimento del recupero energetico di rifiuti, riducendo contestualmente i costi unitari del loro trattamento.

H) DEFINIZIONE (SULLA BASE DELL'APPROFONDIMENTO E DELL'ESTENSIONE DELLE ANALISI SVOLTE IN SEDE COMUNITARIA) DELLA LISTA DELLE MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO DELLO SPECIFICO SETTORE IN ITALIA

Nel presente capitolo verranno discusse le principali BAT che, sulla base dell'elenco riportato al punto E.4, possono essere ritenute, a livello nazionale, le più idonee per l'applicazione agli impianti di incenerimento di rifiuti soggetti all'autorizzazione integrata ambientale.
Resta inteso che, per ogni specifico argomento trattato, le informazioni di seguito riportate sono integrabili con quelle, di maggior dettaglio, riportate nei capitoli D, E ed F.

H.1 Gestione dei rifiuti in ingresso

H.1.1 Modalità di raccolta

Il sistema di gestione dei RU deve comprendere una efficace raccolta differenziata che consenta di recuperare le frazioni merceologiche utilmente riciclabili (carta, vetro, plastica, metalli, organico compostabile) e separare le frazioni indesiderate (rifiuti ingombranti, rifiuti pericolosi) ai fini del processo di combustione.

H.1.2 Controllo dei rifiuti in ingresso

Le procedure di accettazione all'impianto devono garantire che i rifiuti in ingresso siano compatibili con le tipologie di trattamento presenti ed eventualmente prevedere operazioni a monte come raccolta differenziata, selezione e/o pretrattamento.
Deve essere previsto un rivelatore di radioattività in ingresso all'impianto che permetta di individuare materiali radioattivi eventualmente presenti tra i rifiuti.
Inoltre si possono adottare soluzioni specifiche quali, ad esempio:

- evitare flussi di rifiuti contenenti plastiche clorurate per meglio controllare le emissioni di HCl;
- omogeneizzare (mescolare, ridurre la pezzatura) i rifiuti per controllare i picchi di emissione;

Occorre inoltre evidenziare che:

- per la ricezione dei rifiuti in ingresso valgono tutte le prescrizioni contenute nell'art.7 del D.Lgs. 133/05, in particolare si evidenzia l'obbligo di acquisire le informazioni relative allo stato fisico, alla composizione chimica dei rifiuti, al Codice dell'Elenco europeo. Vanno, anche, acquisite informazioni sul contenuto di sostanze pericolose che possono, in base alla loro concentrazione, far classificare il rifiuto come pericoloso, sulle sostanze con le quali non possono essere mescolati i rifiuti e sulle precauzioni da adottare nella manipolazione dei rifiuti stessi. I rifiuti accettati dovranno avere caratteristiche conformi a quelle indicate nell'autorizzazione; al riguardo si segnala che l'articolo 4 prevede che, nell'autorizzazione rilasciata dall'autorità competente, vengano specificate nel caso di combustione di rifiuti pericolosi: le quantità ed i poteri calorifici inferiori minimi e massimi delle diverse tipologie di rifiuti pericolosi che possono essere trattate nell'impianto, i loro flussi di massa minimi e massimi, nonché il contenuto massimo di inquinanti quali, ad esempio, PCB/PCT, PCP, cloro totale, fluoro totale, zolfo totale, metalli pesanti. All'atto dell'accettazione dei rifiuti pericolosi dovranno essere prelevati campioni rappresentativi al fine di verificarne, mediante controlli analitici, la conformità a quanto previsto nel documento autorizzativi;
- per effettuare i controlli dovranno essere utilizzate metodologie di campionamento ed

analisi riconosciute in sede internazionale e nazionale e ed approvate da parte degli Enti di controllo. I laboratori utilizzati dovranno operare in regime di qualità secondo le norme della famiglia ISO 9000.

H.1.3 Stoccaggio

Al fine di garantire che le operazioni di stoccaggio non generino rischi in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche delle differenti tipologie di rifiuti, devono essere previste aree di stoccaggio distinte, in funzione della tipologia dei rifiuti.
La fase di stoccaggio dei rifiuti grezzi deve seguire una programmazione razionale, tale a garantire la minimizzazione dei tempi di stoccaggio.
Le aree di scarico e di stoccaggio devono essere in locali chiusi e tenuti in leggera depressione; l'aria aspirata deve essere inviata in caldaia come aria di combustione per evitare la diffusione di odori.
Un sistema di trattamento alternativo dell'aria deve essere previsto nel caso di fermo totale dell'impianto.

H.1.3 Pretrattamento

Sistemi di pretrattamento dei rifiuti in ingresso, quali separazione (vagliatura secco/umido, rimozione dei metalli, ecc.) e omogeneizzazione, devono essere previsti se richiesti dalla specifica tecnologia adottata. Normalmente è necessaria la triturazione dei rifiuti ingombranti e dei pneumatici (vedi punto E.2.2.2).
L'operatore deve essere in grado di verificare la presenza di rifiuti incompatibili (es. grossi elettrodomestici) e provvedere ad allontanarli dalla fossa di stoccaggio.
Il pretrattamento più usato è la miscelazione dei rifiuti stoccati nella fossa effettuato con la stessa benna di alimentazione.
Sistemi più complessi di pretrattamento e miscelazione debbono essere previsti per il trattamento di rifiuti pericolosi (vedi punto E.2.3).

H.2 Trattamento termico

H.2.1 Forni a griglia

I forni a griglia realizzano la combustione dei rifiuti (tipicamente i RU) al di sopra di una griglia che per la quasi totalità degli impianti più recenti è del tipo mobile. L'aria necessaria alla combustione viene iniettata sia al di sotto della griglia, in quantitativi circa stechiometrici (aria primaria), che al di sopra della stessa (aria secondaria). L'alimentazione del rifiuto, il movimento della griglia e la distribuzione dell'aria possono essere regolati automaticamente al fine di ottimizzare la combustione.

H.2.2 Forni a letto fluido

I forni a letto fluido sono costituiti da camere verticali con pareti refrattarie all'interno delle quali il rifiuto da incenerire viene mantenuto in sospensione da una corrente d'aria ascendente. Per fornire maggiore inerzia termica al sistema e favorire i processi di scambio termico viene previsto l'impiego di sabbia o altro materiale inerte similare assieme al rifiuto.
Le problematiche legate ai sistemi di alimentazione e scarico hanno limitato la diffusione di tale tipologia di forno per la combustione dei RU.
Il forno al letto fluido è indicato soprattutto per il trattamento di combustibili derivati da

rifiuti (CDR) o di altro rifiuto preventivamente selezionato e ridotto alla pezzatura idonea e dei fanghi di depurazione acque reflue.

H.2.3 Forni a tamburo rotante

I forni a tamburo rotante sono costituiti da un cilindro metallico in rotazione, leggermente inclinato sull'orizzontale (1-3%) per favorire l'avanzamento del materiale. Il tamburo è rivestito all'interno da materiale refrattario per proteggere l'involucro metallico dalla temperatura elevata e dall'aggressione chimica: in alcune applicazioni il tamburo può essere provvisto di rivestimento interno e/o dotato di pareti a tubi d'acqua per la produzione di vapore.
I forni a tamburo rotante, che possono essere alimentati con rifiuti solidi, liquidi, pastosi e fusti, sono utilizzati soprattutto per lo smaltimento dei rifiuti industriali e pericolosi.

H.2.4 Altri processi e tecnologie

Per la combustione diretta di rifiuti possono essere previste altre tipologie di apparecchiature per impieghi specifici (vedi paragrafo D.2.6).
Per quanto riguarda le tecnologie basate sui processi di pirolisi e gassificazione (anche in combinazione fra loro) le applicazioni sono limitate a impianti aventi carattere ancora dimostrativo, ancorché in scala industriale o a specifiche ed omogenee tipologie di rifiuti speciali e/o industriali.
Tali tecnologie non hanno ancora raggiunto una maturità tale da poter essere considerate come alternative, in grado di sostituire in toto l'incenerimento.

H.2.5 Tecniche per migliorare le prestazioni delle apparecchiature di combustione

Uso di modelli di calcolo fluidodinamico e di altre tecniche quali quelle descritte al punto F.1.2.

H.2.5.1 Forni a griglia

Ottimizzazione e distribuzione dell'aria primaria di combustione nei vari settori della griglia.
Ottimizzazione e distribuzione dell'aria secondaria per creare turbolenza e migliorare il mescolamento dei fumi e sostituzione dell'aria secondaria con ricircolo di parte dei gas di scarico depurati.
Utilizzo della telecamera a raggi infrarossi per il monitoraggio della combustione e la regolazione della distribuzione dell'aria primaria.
E' in sperimentazione anche l'impiego di aria arricchita di ossigeno che permetterebbe di avere un minor volume di fumi da trattare e scorie con migliori caratteristiche in termini di tenore di incombusti e lisciviabile.

H.2.5.2 Altri tipi di forno

In aggiunta alle tecniche descritte al punto F.1.2 si possono citare:

a) Forni a tamburo rotante
- impiego di sistemi recuperativi del calore di combustione che si sviluppa all'interno del tamburo rotante (preriscaldo dell'aria, installazioni di sistemi di scambio termico, ecc.)
- installazione di apparecchiature di rilevazione per la lettura a distanza della temperatura

all'interno del tamburo e/o delle sue pareti;
- ottimizzazione del mix di rifiuti in alimentazione (per impianti polifunzionali).

b) Combustori a letto fluido
- ottimizzazione della distribuzione dell'aria totale (in funzione della tipologia di rifiuto trattato) tra primaria e secondaria e sua minimizzazione;
- aumento dei punti di alimentazione e della distribuzione dei rifiuti nel letto;
- mantenimento di condizioni di combustione quanto più uniformi possibile lungo l'asse longitudinale dell'apparecchiatura.

H.3 Recupero energetico

H.3.1 Generatore di vapore

Il generatore di vapore è normalmente costituito da:
- sezione di vaporizzazione;
- sezione di surriscaldamento;
- sezione dedicata all'economizzatore.

Il generatore di vapore deve essere provvisto di sistemi per la pulizia dai depositi di cenere sia dei tubi vaporizzanti che dei banchi di surriscaldamento, al pari di tutti i generatori di vapori alimentati con combustibili solidi.
Il generatore di vapore viene alimentato con acqua pressoché priva di sali e ossigeno, per cui dovranno essere previsti un adeguato impianto di demineralizzazione dell'acqua ed un degasatore termico a vapore.

H.3.2 Turbogruppo e circuito vapore

La sua scelta è funzione della tecnologia di combustione selezionata, delle condizioni operative del vapore e del tipo di recupero energetico che si intende effettuare: solo energia elettrica o produzione combinata di energia elettrica e termica ("co-generazione").
Le potenze tipiche del turbogruppo impiegato in impianti di incenerimento vanno da qualche MW a 50 MW ed oltre.
Anche se di dimensioni inferiori tale sezione è del tutto simile a quella presente in qualsiasi centrale termoelettrica.

H.3.3 Ottimizzazione dei livelli di recupero energetico (vedi anche punto F.1.3)

H.3.3.1 Combustione e scambio termico

Riduzione del volume in eccesso di aria, con un buon controllo della distribuzione dell'aria di combustione e del (eventuale) ricircolo dei fumi.
Migliorare il recupero di calore dai fumi riducendone al minimo la temperatura; con economizzatori dotati di opportuni sistemi di pulizia si può scendere fino a 130-140°C. Aumento della temperatura e della pressione del vapore surriscaldato inviato alla turbina (i valori massimi raggiungibili attualmente sono 450°C e 60 bar, i valori più utilizzati sono 400°C e 40 bar) e minimizzazione della pressione nel condensatore per migliorare il rendimento elettrico. Impiego di leghe speciali resistenti alla corrosione ad alta temperatura.
Utilizzo di sistemi di pulizia che riducano la presenza e l'accumulo di polveri nella caldaia.

H.3.3.2 Impiego dell'energia

H.3.3.2.1 Utenze energetiche
Identificazione ed accurata analisi delle possibilità di utilizzo dell'energia recuperata.

H.3.3.2.2 Teleclimatizzazione
Massimizzare, ove possibile, l'impiego dell'energia termica recuperata per usi di teleriscaldamento invernale e condizionamento estivo.

H.3.3.2.3 Cessione di calore per uso industriale
La presenza di attività produttive necessitanti di calore (energia termica) per uso tecnologico nelle vicinanze dell'impianto è un fattore importante da prendere in considerazione.

H.3.3.2.4 Cessione di energia elettrica
Possibilità di allacciamento elettrico alla rete con caratteristiche idonee. In ogni caso è bene prevedere la consegna dell'energia in alta tensione

H.4 Trattamento fumi e controllo emissioni

H.4.1 Emissioni puntiformi in aria

H.4.1.1 Controllo delle emissioni in atmosfera

Nelle tabelle H.4.1 e H.4.2 è riportata, in forma schematica, una sintesi delle prestazioni rispettivamente delle principali BAT e delle tecniche/tecnologie finalizzate alla riduzione delle emissioni puntiformi e diffuse in atmosfera da impianti di incenerimento di rifiuti, applicabili a livello nazionale.

Tabella H.4.1 – Livelli operativi di emissione in atmosfera associati all'applicazione delle BAT (valori espressi in mg/Nm$_3$, se non indicato diversamente)

Composto	Camp. discontinuo	Medie semiorarie	Medie giornaliere	Commenti
Polveri totali		1 – 20 (vedi sv2)	1 - 5	Di norma l'impiego di filtri a maniche consente di ottenere i valori più bassi di questo intervallo. Un efficace manutenzione dei sistemi di controllo è molto importante. I consumi energetici aumentano all'aumentare delle prestazioni richieste. Il controllo delle polveri contribuisce a ridurre anche le emissioni di metalli
Acido cloridrico (HCl)		1-50	1-8	Il controllo dei rifiuti, la miscelazione ed il rimescolamento possono ridurre le fluttuazioni di concentrazione di inquinanti nei fumi grezzi che possono dare luogo a picchi di emissioni I sistemi ad umido presentano di norma la migliore capacità di assorbimento e permettono di conseguire i livelli di emissione più bassi in assoluto, ma sono anche i più costosi. Vedere la tabella E.4.2 per quanto riguarda i criteri di selezione dei sistemi di trattamento dei fumi, inclusi gli impatti secondari indotti
Acido fluoridrico (HF)		< 2 (vedi sv2)	< 1	
Ossidi di zolfo (SO_2)		1 – 150 (vedi sv2)	1 – 40 (vedi sv2)	
Ossidi di azoto (NO) e biossidi di azoto (NO_2) espressi come biossido di azoto in impianti con sistemi SCR		40 – 300 (vedi sv2)	40 – 100 (vedi sv2)	Le tecniche di combustione e trattamento fumi accoppiate con sistemi SCR consentono il funzionamento all'interno dei campi riportati. L'impiego di sistemi SCR implica consumi energetici e costi superiori. In generale l'incremento del costo unitario di trattamento è meno significativo nel caso di impianti di taglia elevata. Contenuti elevati di N_2 nei rifiuti comportano incrementi delle concentrazioni di NO_x nei fumi grezzi
Ossidi di azoto (NO) e biossidi di azoto (NO_2) espressi come biossido di azoto in impianti con sistemi SNCR		30 – 350	120 – 180	Le tecniche di combustione e trattamento fumi accoppiate con sistemi SNCR consentono il funzionamento all'interno dei campi riportati. Per valori inferiori della media su 24 h è richiesto l'impiego di SCR, ameno che le concentrazioni di NO_x in ingresso siano basse. Con alti dosaggi di reagente nel SNCR lo slip di NH_3 può essere controllato tramite sistemi ad umido che richiedono adeguati trattamenti per le acque ammoniacali di scarico. (vedi anche nota 8 per gli impianti di piccola taglia) Contenuti elevati di N_2 nei rifiuti comportano incrementi delle concentrazioni di NO_x nei fumi grezzi
Gas e vapori di sostanze organiche, espressi come TOC		1 – 20	1 – 10	Tecniche finalizzate a migliore le condizioni di combustione riducono le emissioni di tali sostanze. Le concentrazioni in emissione non sono di norma influenzate significativamente dai sistemi di trattamento fumi. I livelli di CO possono risultare superiori in fase di avviamento e fermata e nel caso di nuove caldaie che non hanno raggiunti livelli di sporcamento di regime.
Monossido di carbonio (CO)		5 - 100	5 - 30	
Mercurio e suoi composti, (come Hg)	< 0,05 (vedi sv2)	0,001 – 0,03	0,001 – 0,02	Adsorbimento tramite carboni attivi è richiesto per il conseguimento di tali livelli di emissione con gran parte dei rifiuti, poiché Hg metallico è di più difficile controllo rispetto ad Hg ionico. Le tecniche e le prestazioni di rimozione dipendono da quantità e distribuzione del Hg nei rifiuti. Alcuni rifiuti presentano concentrazioni molto variabili di Hg, tali da richiedere il pretrattamento in modo da prevenire sovraccarichi di picco sui sistemi di trattamento fumi.
Cadmio e Tallio totali e loro composti (espressi come metalli)	0,005 0,05 (vedi sv2)			Vedi i commenti per Hg. A causa della minore volatilità di tali metalli rispetto ad Hg le tecniche di riduzione delle polveri e degli altri metalli sono più efficaci nel controllo di tali composti rispetto ad Hg.
Σ altri metalli	0,005– 0,5			Le tecniche di rimozione delle polveri sono efficaci anche nei confronti dei metalli
Diossine e furani (ng TEQ/Nm^3)	0,01 0,1 (vedi sv2)			Le tecniche di combustione distruggono PCDD/F presenti nei rifiuti. Progettazione adeguata e controllo della temperatura riducono la sintesi de-novo. Ulteriori tecniche di riduzione prevedono l'impiego di carboni attivi per conseguire livelli di emissione nell'intervallo riportato. Dosaggi superiori di adsorbenti possono favorire il conseguimento di livelli di emissione inferiori a 0,001 ng TEQ/Nm^3 , ma danno luogo ad incremento dei consumi e della produzione di residui.

Sostanze non disciplinate dalla Direttiva 200/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti				
Ammoniaca (NH_3)	< 10	1 - 10	< 10 (vedi sv1)	Un controllo efficace dei sistemi di riduzione degli NOx, compreso il sistema di dosaggio, può ridurre i livelli di emissione di NH_3 I sistemi ad umido rimuovono l'NH_3 e la trasferiscono nelle acque di scarico.
Benz(a)pyrene	Per queste sostanze non sono disponibili dati consolidati per fissare una BAT per i livelli di emissione. Tuttavia i dati disponibili indicano che i loro livelli di emissione sono di norma bassi. PCB, IPA, e benz(a)pyrene possono essere controllati con le stesse tecniche dei PCDD/F. I livelli di N_20 derivano dalle tecniche di combustione combustione e dal livello di ottimizzazione del sistema SNCR a base di urea (nel caso sia impiegato)			Le tecniche di controllo dei PCDD/F riducono anche PCB, IPA, e benz(a)pyrene
PCB				
IPA				
Protossido di azoto (N_20)				Il mantenimento di condizioni di combustione fortemente ossidative ed il controllo dei sistemi di rimozione dei NO_x contribuiscono a ridurre le emissioni di N_20. I livelli maggiori si riscontrano in caso di letti fluidi operanti a basse temperature (< 900° C)

NOTE:

1. Gli intervalli di BATAOEL riportati in questa tabella sono livelli di prestazioni operative attese che possono risultare dall' adozione di BAT- essi non sono livelli di emissione vincolanti dal punto di vista normativo (ELV)
2. Σ altri metalli = somma di Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V e loro composti espressi come metalli
3. Le misure discontinue sono mediate su un periodo di campionamento fra trenta minuti e otto ore. I periodi di campionamento sono in genere dell'ordine di 4- 8 ore per queste misure.
4. I dati sono standardizzati a 11% ossigeno, gas secchi, 273 K, e 101,3 kPa
5. Diossine e furani sono calcolate utilizzando i fattori di equivalenza come da direttiva 2000/76/CE
6. Nel confronto dei valori prestazionali con questi intervalli, occorre in ogni caso tenere in considerazione: i valori di confidenza associati con le determinazioni effettuate; che l'errore relativo di tali determinazioni cresce al decrescere delle concentrazioni misurate rispetto ai livelli più bassi di rilevabilità.
7. I dati operativi che supportano i suddetti BATAOEL sono stati ottenuti secondo le attuali norme di buona pratica di monitoraggio che richiedono apparecchiature di misura con scale strumentali 0-3 volte ELV della direttiva sull'incenerimento. Per parametri con livelli di immissione molto bassi combinati con brevi periodi di picco bisogna porre particolare attenzione alla scala strumentale. Ad esempio variando la scala strumentale per la misura del CO da 3 volte ELV della direttiva a un valore superiore di dieci volte, è stato rilevato in alcuni casi l'incremento dei valori rilevati della misurazione per un fattore di 2-3. Ciò deve essere considerato quando si interpreta questa tabella.
8. Sono state riscontrate in alcuni casi difficoltà tecniche nella ristrutturazione di sistemi SNCR in impianti di incenerimento di RU di piccola taglia. I vantaggi economici (es. la riduzione di NOx per unità di costo) di sistemi di rimozione di NOx (es. SNCR) è minore per piccoli impianti (<6 t/h di rifiuti)

ALTRI PUNTI DI VISTA (SPLIT VIEW)

SV1: Sulla base delle loro conoscenze sulle prestazioni di impianti esistenti alcuni Stati Membri e ONG ambientaliste hanno espresso un proprio parere riguardo alla media delle 24 h dell'NH_3, affermando che i livelli di emissioni dovrebbero essere < 5 mg/Nm^3 (invece di 10 mg/Nm^3).

SV2: Alcuni SM e ONG ambientaliste hanno espresso pareri diversi riguardo alle BATAOEL sopra riportate. Questi pareri si fondavano sulle conoscenze delle prestazioni di un cero numero di impianti esistenti e della loro interpretazione dei dati fornita al TWG ed anche di quello riportato nel capitolo 3 del Bref. Le conclusioni finali della riunione del TWG

Sono gli intervalli riportati in tabella, ma le seguenti opinioni sono riportate: polveri totali media semi-oraria 1-10 mg/Nm^3; NO_x (come NO_2) in caso di SCR media semioraria 30-200 mg/Nm^3 e media 24 h 30-100 mg/Nm^3; Hg e suoi composti (come Hg) discontinuo 0,001-0,03 mg/Nm^3; Cd+Tl totali discontinuo 0,005-0,03 mg/Nm^3; Diossine e furani discontinuo 0,01-0,05 TEQ ng/Nm^3. In base alle stesse considerazioni ONG ambientaliste hanno espresso questi pareri: HF media semioraria < 1 mg/Nm^3; SO_2 media semioraria 1-50 mg/Nm^3 e media su 24 h 1-25 mg/Nm^3.

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005"

Tabella H.4.2 – Prestazioni indicative delle tecniche/tecnologie per il controllo delle emissioni in atmosfera (1)

Inquinante	Tecnica	Prestazioni	Valutazioni per singole unità produttive e informazioni specifiche	Applicazioni in Italia	
				Osservazioni	D.Lgs. 133/05
Monitoraggio in continuo					
Monossido di carbonio	Regolazione del processo di combustione	Giornaliero 5-30 mg/Nm^3 Semiorario 5-100 mg/Nm^3	Uso di modelli di calcolo fluidodinamici per migliorare il progetto del forno e della caldaia. Ottimizzazione e distribuzione dell'aria primaria di combustione nei vari settori della griglia. Ottimizzazione e distribuzione dell'aria secondaria per creare turbolenza e migliorare il mescolamento dei fumi	E' in fase di sperimentazione l'utilizzo della telecamera a raggi infrarossi per il monitoraggio della combustione e la regolazione della distribuzione dell'aria primaria.	Giornaliero 50 mg/Nm^3 Orario 100 mg/Nm^3 semiorario
Polveri totali	Ciclone	100-300 mg/Nm^3	Utilizzabili eventualmente solo come fase preliminare di abbattimento	Da solo non sufficiente	Giornaliero 10 mg/Nm^3 Semiorario 30 mg/Nm^3
	Elettrofiltro	< 20 mg/Nm^3	Utilizzato in genere come fase preliminare di abbattimento polveri a monte di un lavaggio ad umido dei fumi		
	Filtro a maniche	Giornaliero 0,5-5 mg/Nm^3 Semiorario 0,5-20 mg/Nm^3	E' utilizzato generalmente come fase finale a valle di sistemi a secco e semisecco.		
Sostanze organiche (espresse come COT)	Regolazione del processo di combustione	Giornaliero 0,1-10 mg/Nm^3 Semiorario 0,1-20 mg/Nm^3	Come per l'ossido di carbonio		Giornaliero 10 mg/Nm^3 Semiorario 20 mg/Nm^3

Inquinante	Tecnica	Prestazioni	Valutazioni per singole unità produttive e informazioni specifiche	Applicazioni in Italia	
				Osservazioni	D.Lgs. 133/05
Composti inorganici del cloro (espressi come HCl)	Sistema a secco		Utilizza reattivo solido (calce o bicarbonato di sodio in polvere). Eccessi stechiometrici superiori rispetto sistemi ad umido e funzione del reagente impiegato Richiede un buon controllo della temperatura dei fumi (130-140°C), nel caso di impiego di calce. Assenza di consumi di acqua e di effluenti liquidi. Minori consumi di energia		Giornaliero 10 mg/Nm^3 Semiorario 60 mg/Nm^3
	Sistema a semisecco	Giornaliero 1-8 mg/Nm^3 Semiorario 1-50 mg/Nm^3	Impiego di una sospensione di calce in acqua che viene dispersa finemente nei fumi. L'evaporazione dell'acqua raffredda i fumi che devono quindi essere a temperature più alte rispetto alla reazione a secco, inoltre è necessario, rispetto ai sistemi a secco, un maggiore volume a disposizione per il completamento delle reazioni. I sistema consuma acqua ma il prodotto residuo è allo stato solido, assenza di effluenti liquidi		
	Sistema a umido		Prevede l'uso di un reattivo allo stato liquido, normalmente una soluzione di soda. Presenta un basso consumo di reattivi (soda) e una bassa produzione di residui solidi, ma è necessario un trattamento delle acque reflue che sono prodotte in quantità rilevante.		
Composti inorganici del fluoro (espressi come HF)	Vedi HCl	Giornaliero < 1 mg/Nm^3 Semiorario 1-2 mg/Nm^3			Giornaliero 1 mg/Nm^3 Semiorario 4 mg/Nm^3

Inquinante	Tecnica	Prestazioni	Valutazioni per singole unità produttive e informazioni specifiche	Applicazioni in Italia	
				Osservazioni	D.Lgs. 133/05
Ossidi di zolfo (espressi come SO_2)	Vedi HCl	Giornaliero 1-40 mg/Nm^3 Semiorario 1-150 mg/Nm^3	Nel sistema ad umido è indispensabile un secondo stadio di lavaggio con soluzione alcalina		Giornaliero 50 mg/Nm^3 Semiorario 200 mg/Nm^3
Ossidi di azoto (espressi come NO_2)	Ricircolo fumi	< 400 mg/Nm^3	Sostituzione dell'aria secondaria con parte dei gas di scarico depurati e ricircolati.	Questa tecnica non è sufficiente da sola a garantire il rispetto dei limiti	Giornaliero 200 mg/Nm^3 Semiorario 400 mg/Nm^3
	SNCR (riduzione selettiva non catalitica)	Giornaliero 70-180 mg/Nm^3 Semiorario 70-350 mg/Nm^3	Si basa sull'iniezione in caldaia a temperature di 850-1050°C di una soluzione ammoniacale o di urea. Sono in corso sperimentazione per migliorarne l'efficienza introducendo sistemi di controllo e regolazione più fini delle quantità di soluzione ammoniacale iniettata.	Può dare maggiori emissioni residue di ammoniaca rispetto al SCR Non incide sull'efficienza energetica dell'impianto	
	SCR (riduzione selettiva catalitica)	Giornaliero 40-100 mg/Nm^3 Semiorario 40-300 mg/Nm^3	Si basa sull'installazione di un catalizzatore in coda al trattamento fumi e sull'iniezione di soluzione ammoniacale nei fumi. E' richiesto un consumo di metano per il riscaldamento dei fumi alla temperatura ottimale di esercizio del catalizzatore (300°C). Esiste il pericolo di "avvelenamento" del catalizzatore.	Incide notevolmente sull'efficienza energetica complessiva dell'impianto	
Misurazioni periodiche					
Cadmio e Tallio Cd,Tl	Vedi mercurio e metalli pesanti	0,005-0,05 mg/Nm^3			0,05 mg/Nm^3 1 ora di campionamento

Inquinante	Tecnica	Prestazioni	Valutazioni per singole unità produttive e informazioni specifiche	Applicazioni in Italia	
				Osservazioni	D.Lgs. 133/05
Mercurio	Nei sistemi a secco e a semisecco	< 0,05 mg/Nm^3	Iniezione nei fumi di carboni attivi come per i microinquinanti organici.		0,05 mg/Nm^3 1 ora di campionamento
	Nei sistemi ad umido	< 0,05 mg/Nm^3	Aggiunta di particolari additivi (solfuri o derivati) alla soluzione di lavaggio. Non è in grado di abbattere il mercurio se presente a valenza zero. Questo può succedere se nei fumi c'è poco HCl e molto SO2 (es. combustione fanghi biologici).	Verificare la necessità di dover aggiungere uno stadio di trattamento fumi con carboni attivi.	
Metalli pesanti Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V,		0,005-0,5 mg/Nm^3	I metalli pesanti meno volatili sono presenti nelle polveri fini e vengono eliminati dai fumi con una buona filtrazione, per es. nel filtro a maniche finale.		0,5 mg/Nm^3 1 ora di campionamento
Policlorodibenzo-Diossine e policlorodibenzo-Furani PCDD/PCDF	Assorbimento attraverso l'iniezione di carbone		I carboni attivi possono essere iniettati nei fumi assieme ai reagenti dei sistemi a secco. E' necessario un filtro a maniche finale. Con i carboni attivi si ottiene l'eliminazione contemporanea anche di metalli pesanti volatili (mercurio).		0,1 ng/Nm^3 misurati come equivalenti di tossicità (TEQ) alla TCDD 8 ore di campionamento
	distruzione con catalizzatori di ossidazione	0,01-0,1 ng/Nm^3 TEQ	Degradazione chimica dei microinquinanti organici con opportuni catalizzatori.	Sperimentale	
	uso di materiali impregnati di carbone nel lavaggio a umido		E' in fase di sperimentazione l'aggiunta di materiali adsorbenti rivestiti di carbonio come corpi di riempimento nelle torri di lavaggio ad umido.	Sperimentale	
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	Vedi PCDD/PCDF	< 0,01 mg/Nm^3			0,01 mg/Nm^3 8 ore di campionamento

Inquinante	Tecnica	Prestazioni	Valutazioni per singole unità produttive e informazioni specifiche	Applicazioni in Italia	
				Osservazioni	D.Lgs. 133/05
Ammoniaca NH_3		<5-20 mg/Nm^3			Non previsto
Gas ad effetto serra: CO_2	Miglioramento dell'efficienza energetica dell'impianto		I rifiuti sono per lo più costituiti da materiali di origine biogenica, la cui combustione non contribuisce all'aumento della CO_2 in atmosfera. Incrementando i rendimenti di recupero energetico vengono "sostituiti" maggiori quantitativi di combustibili fossili ed evitate le relative emissioni.	Con la cogenerazione di energia elettrica e calore si raggiungono rendimenti dell'ordine del 80%	
Gas ad effetto serra: CH_4	Buona conduzione della combustione	Emissione a valori insignificanti	Eliminato per combustione		
Gas ad effetto serra: N_2O	Buona conduzione della combustione e del sistema di riduzione di NO_x	<10 mg/Nm^3 con urea <2 mg/Nm^3 con ammoniaca	Può prodursi se il sistema di eliminazione degli NO_x non agisce correttamente. In particolare possono formarsi nei sistemi non catalitici che utilizzano urea.		
Odori	Fossa di stoccaggio rifiuti in depressione		L'aria di combustione viene aspirata, almeno in parte, dalla fossa di stoccaggio rifiuti	Prevedere sistema di aspirazione e abbattimento odori per la fermata impianto	
Emissione diffusa di polveri	Area di scarico chiusa	< 10 mg/Nm^3	Dall'area di scarico l'aria entra, attraverso le porte di scarico rifiuti, nella fossa rifiuti e di qui è inviata alla combustione		
	Filtri a maniche ai silos	< 10 mg/Nm^3	Lo stoccaggio dei materiali solidi in polvere (calce, residuo, ecc.) deve avvenire in sili dotati di filtri a maniche sulle uscite d'aria.		

(1) I valori riportati costituiscono un'indicazione sulle prestazioni conseguibili con l'applicazione delle rispettive tecniche, in condizioni di normale operazione; essi non rappresentano affatto limiti legali alle emissioni

H.4.1.2 Aspetti operativo-gestionali

H.4.1.2.1 Ossidi di azoto

La produzione di NO_x può essere ridotta tramite un buon controllo della combustione e un buon mescolamento dei gas, evitando eccessi d'aria troppo elevati e temperature troppo alte, anche attraverso il ricircolo dei fumi.
Migliorare l'efficienza di abbattimento adottando sistemi di controllo e regolazione più fini delle quantità di soluzione ammoniacale iniettata.

H.4.1.2.2 Inquinanti acidi

Nei sistemi a secco e a semi-secco qualora sia impiegata calce idrata occorre prevedere un ricircolo del prodotto non reagito nel reattore, al fine di ridurne i consumi.
Tale accorgimento non si rende necessario qualora si utilizzi un prodotto più reattivo (es.: bicarbonato di sodio)

H.4.1.3 Camino

L'impianto deve essere dotato di un camino per l'immissione in atmosfera dei fumi, di altezza tale da assicurare una buona dispersione dei fumi, e dotato di un sistema di monitoraggio in continuo degli inquinanti secondo le prescrizioni di legge.
Sul camino deve essere prevista una adeguata struttura per permettere all'ente di controllo di effettuare agevolmente il campionamento manuale dei fumi.

H.4.2 Emissioni diffuse in aria

Possibili fonti di emissioni diffuse in atmosfera possono essere:

- Serbatoi aperti;
- Aree di stoccaggio;
- Operazioni di carico/scarico di automezzi;
- Sistemi di trasporto, tubazioni e condotti,
- Perdite accidentali da locali chiusi;
- Perdite per rottura e malfunzionamenti di impianti ed apparecchiature.

Polveri

- Copertura di recipienti e contenitori aperti
- Evitare, ove possibile, stoccaggi a cielo aperto
- Impiego di spruzzatori, leganti, frangivento, ecc.
- Pulizia periodica di strade e piazzali
- Impiego di trasportatori chiusi, trasporti pneumatici
- Impiego di silos chiusi per lo stoccaggio di materiali pulverulenti
- Raccolta degli sfiati ed abbattimento delle polveri
- Stoccaggio in sistemi chiusi
- Impiego si sistemi di carico/scarico di tipo chiuso

Composti organici volatili (COV)

- Impiego di sistemi di raccolta degli sfiati
- Impiego di sistemi di sfiato controllato
- Stoccaggio di solidi a temperature piuttosto limitate (evitare effetti radiazione solare)
- Nello stoccaggio di liquidi a pressione atmosferica prevedere:

- Controllo di temperatura
    - Adeguati sistemi di isolamento
    - Serbatoi a tetto galleggiante
    - Valvole di respirazione
    - Eventuali trattamenti specifici (adsorbimento, condensazione)

H.4.3 Odori

- Evitare la fuoriuscita di emissioni odorose qualora generate all'interno di edifici
- Accurato controllo delle potenziali sorgenti di odore poste all'aperto
- Contenimento degli odori tramite:
    - Confinamento delle aree di stoccaggio
    - Stoccaggio e movimentazione chiusi per i rifiuti odorigeni
    - Trattamento tempestivo dei rifiuti putrescibili (RU, fanghi, scarti animali ecc.)
    - Adozione di sistemi di stoccaggio refrigerati per i rifiuti putrescibili (qualora non sia possibile contenere la durata del loro stoccaggio)
    - Pulizia regolare ed eventuali disinfezione dei sistemi di movimentazione dei rifiuti putrescibili
    - Trasporto dei rifiuti e dei residui in contenitori chiusi
    - Prevenzione di fenomeni di anaerobiosi tramite insufflamento di aria
    - Eventuale clorazione delle acque di risulta da fanghi
    - Adeguamento trattamento per l'eliminazione degli odori

Trattamento degli odori

- Impiego delle arie esauste odorigene come comburente nei forni di incenerimento. E' necessario un sistema ausiliario in casa di fermata dei forni.
- Impiego di biofiltri qualora vi sia area disponibile
- Impiego di sistemi di lavaggio ad umido
- Impiego di carboni attivi (per basse concentrazioni odorose)

H.5 Trattamento delle acque reflue

H.5.1 Trattamento acque

Qualora venga adottato un sistema di depurazione dei fumi del tipo ad umido è necessario prevedere un trattamento specifico per questo refluo prima di inviarlo allo scarico o a successivi trattamenti con gli altri reflui liquidi.
Nel caso di scarico diretto in un corpo ricettore esterno i valori di concentrazione conseguibili dall'applicazione delle BAT sono riportati nella tabella H.5.1.

H.5.2 Protezione della falda

Il sito dell'impianto, comprese le aree di stoccaggio dei rifiuti, deve essere progettato e gestito in modo da evitare l'immissione non autorizzata e accidentale di qualsiasi inquinante nel suolo, nelle acque superficiali e nelle acque sotterranee.
Deve essere prevista una capacità di stoccaggio per le acque piovane contaminate che defluiscano dal sito dell'impianto o per l'acqua contaminata derivante da spandimenti o da operazioni di estinzione di incendi.
La capacità di stoccaggio deve essere sufficiente per garantire che tali acque possano, se necessario, essere analizzate ed eventualmente trattate prima dello scarico.

Tabella H.5.1 – Prestazioni indicative delle BAT per il trattamento di acque reflue [(0)]

Parametro	BAT-AOEL mg/l	Direttiva 91/271/CE (mg/l)	Campionamento
SST	10-30(95%) 10-45(100%)	30 (95%) 45 (100%)	Spot giornaliero o proporz. a portata di 24 h
COD	50-250	-	c.s.
pH	6,5-11	-	Continuo
Hg	0,001-0,03	0,03	c.s.
Cu	0,01-0,5	0,5	Mensile
Zn	0,01-1,0	1,5	c.s.
Pb	0,01-0,1	0,2	c.s.
As	0,01-0,15	0,15	c.s.
Cd	0,01-0,05	0,05	c.s.
Tl	0,01-0,05	0,05	c.s.
Cr	0,01-0,5	0,5	c.s.
Ni	0,01-0,5	0,5	c.s.
Co	0,005-0,05	-	c.s.
V	0,03-0,5	-	c.s.
Mn	0,02-0,2	-	c.s.
Sn	0,02-0,5	-	c.s.
Sb	0,005-0,85	-	c.s.
PCDD/F	0,01-0,1 ng/l	0,3 ng/l	Media di 6 misure mensili su campioni rappresentativi di una portata di 24 h

(0) I valori riportati costituiscono un'indicazione sulle prestazioni conseguibili con l'applicazione delle BAT, in condizioni di normale operazione; non rappresentano affatto limiti legali agli scarichi liquidi

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005, modificata dal GTR"

H.6 Gestione dei residui solidi

H.6.1 Movimentazione e stoccaggio

Prevedere sistemi di stoccaggio adeguati per queste tipologie di residui.

H.6.2 Smaltimento e recupero

Privilegiare l'adozione di trattamenti e/o condizioni operative che favoriscano il possibile recupero dei residui (vedi anche punto H.7.1.2).
Ove possibile, prevedere l'installazione di sistemi di trattamento in loco (integrati o meno nel processo principale) dei residui ai fini del loro recupero e/o smaltimento.

H.6.3 Trattamento dei residui solidi

H.6.3.1 Scorie, ceneri e residui della depurazione

Per le ceneri leggere e le polveri residue della depurazione fumi sono stati proposti diversi processi di stabilizzazione e inertizzazione, dalla solidificazione con cemento e silicati, all'incapsulamento in resine, alla vetrificazione, ecc..

H.6.3.2 Recupero di materiali

Prevedere la separazione ed il recupero di metalli ferrosi e non ferrosi dalle scorie, ai fini di un riutilizzo delle scorie, previo trattamento, in sostituzione di materie prime inerti. La rimozione può essere effettuata dalle scorie di combustione o durante le fasi di pretrattamento. Nel caso di impiego di bicarbonato di sodio some reagente alcalino è da preferire l'adozione di sistemi di doppia filtrazione che consentano di separare la quasi totalità delle polveri leggere dai sali di reazione riutilizzabili, previo trattamento, in cicli produttivi industriali.

H.7 Impiego di risorse

H.7.1 Materie prime

- Predisposizione di un elenco aggiornato dei materiali impiegati e delle loro caratteristiche;
- Revisione periodica degli aspetti quali/quantitativi delle materie prime impiegate;
- Eventuale adozione di procedure il controllo delle impurità presenti nelle materie prime;
- Analisi periodica di possibili sostituzioni delle materie prime impiegate con altre meno inquinanti.

H.7.1.1 Selezione

Tabella H.7.1 - Criteri di selezione delle principali materie prime

Materia Prima	Caratteristiche richieste
Reagenti alcalini	• Limitata presenza di contaminanti (es.:metalli) • Elevata reattività • Ridotta produzione di residui (bassi eccessi di reagente) • Possibilità di riciclo all'interno del processo
Carbone attivo	• Limitata presenza di contaminanti (es.:metalli) • Elevata porosità • Accurata selezione del fornitore
NaOH	• Limitata presenza di contaminanti (es.:mercurio)
Combustibili ausiliari	• Non devono dare luogo ad emissioni superiori a quelle del gasolio, gas naturale o GPL
Prodotti chimici organici	• Prodotti chimici quanto più possibile biodegradabili
Biocidi	• Prodotti chimici quanto più possibile biodegradabili • Analisi e valutazione dei possibili impatti sull'ambiente tenuto conto delle caratteristiche del corpo ricettore a livello locale

H.7.1.2 Minimizzazione della produzione di rifiuti

E' da privilegiare l'adozione di tecniche gestionali e modalità operative che tendano a ridurre il consumo di materie prime e/o la produzione quantitativa di residui, da attuarsi attraverso un programma di "audit" delle condizioni di funzionamento dell'impianto.
A titolo non esaustivo si citano:

- Gestione dei rifiuti in ingresso: controllo, omogeneizzazione ed eventuale pretrattamento;
- Combustione: mantenimento di condizioni ottimali, con particolare riguardo all'esaurimento delle scorie ("burn-out");
- Trattamento fumi: scelta accurata del reagente, riciclo del reagente (ove applicabile), impiego di sistemi a minor consumo di prodotti, ottimizzazione delle condizioni operative di dosaggio e reazione;

- Gestione dei residui: evitare la contaminazione di grossi quantitativi di residui con correnti altamente inquinate, prevedere la separazione dei sali di reazione dalle ceneri leggere, mantenere separati i vari flussi in uscita in modo da favorirne l'eventuale recupero.

H.7.1.3 Uso di risorse idriche

L'impiego principale di acqua è relativo all'uso di sistemi di trattamento ad umido dei fumi. Se compatibile con la tipologia di rifiuti trattati occorre privilegiare sistemi a secco o semisecco.
Nel caso di impiego di sistemi ad umido adottare tutti gli accorgimenti tecnici finalizzati a ridurre il consumo di acqua industriale (scrubbers multistadio, sistemi a ciclo chiuso, riutilizzo e riciclo interno delle acque di processo e/o meteoriche, ecc.).
Particolare importanza rivestono anche le esigenze idriche del ciclo termico, sia per il reintegro di acqua demineralizzata per le caldaie di recupero che l'acqua necessaria per la condensazione del vapore.

H.7.2 Energia

Nella progettazione, realizzazione gestione ed esercizio dell'impianto dovranno essere prese in considerazione tutte quelle tecniche che possono concorrere alla riduzione dei consumi energetici e/o delle emissioni con essi connesse, sia in forma diretta (produzione di energia in loco) che indiretta (emissioni evitate da centrale termoelettrica remota).
In via non esaustiva si citano:

- Impiego di combustibili a minor contenuto di inquinanti;
- Recupero dei cascami di energia termica dalla produzione di energia elettrica per usi interni all'impianto (es.: preriscaldamento aria di combustione/acqua alimento caldaia, post-riscaldamento dei fumi da trattamento ad umido prima dello scarico al camino);
- Produzione combinata di energia termica ed elettrica;
- Impiego di apparecchiature di conversione dell'energia ad alta efficienza;
- Efficace isolamento delle apparecchiature, al fine di limitare le perdite di calore;
- Minimizzazione dei rientri incontrollati di aria in fase di combustione o trattamento dei fumi;
- Mantenimento di condizioni operative stabili, al fine di limitare l'impiego di combustibili ausiliari o la necessità di pretrattamenti;
- Impiego della ricircolazione dei fumi;
- Manutenzione programmata delle superfici di scambio del generatore di vapore e degli scambiatori, onde non penalizzare ingiustificatamente il recupero di energia.

H.8 Rumore

Possibili fonti di rumore sono:

- Ventilatori
- Transito automezzi
- Trasformatori
- Torri di raffreddamento
- Apparecchiature meccaniche in operazione
- Scarico valvole di sicurezza generatore di vapore (eccezionale)

H.8.1 Modalità di controllo

- Adeguata gestione e manutenzione delle sezioni di impianto ed apparecchiature che possono essere fonte di rumore (es.: cuscinetti, impianto di aerazione, parti strutturali degli edifici, insonorizzazioni, ecc.)
- Impiego di adeguati sistemi di insonorizzazione che consentano il rispetto dei vigenti limiti di rumorosità (diurni e notturni) ai limiti dell'impianto
- Controlli periodici, misurazioni e valutazione dei livelli di rumorosità, anche tramite l'impiego di modelli matematici. Inserimento della gestione dei livelli di rumorosità nell'ambito della gestione dell'impianto
- Ove possibile, installare tutti i macchinari all'interno di edifici
- Utilizzare ventilatori a basso numero di giri per i condensatori e gli aerotermi che costituiscono le fonti principali di rumore essendo installati all'esterno degli edifici.

H.9 Strumenti di gestione ambientale

H.9.1 Migliori tecniche di gestione degli impianti di incenerimento dei rifiuti

La gestione degli impianti di incenerimento deve:
- individuare i potenziali pericoli connessi con l'ambiente interno ed esterno all'impianto
- identificare i rischi effettivi interni ed esterni all'impianto
- redigere un manuale operativo, funzionale ai rischi rilevati, che comprenda anche le attività di manutenzione e di emergenza in caso di incidenti.

Devono, inoltre, essere approntati i seguenti piani:
- Piano di gestione operativa
- Programma di sorveglianza e controllo
- Piano di ripristino ambientale per la fruibilità del sito a chiusura dell'impianto secondo la destinazione urbanistica dell'area.

H.9.1.2 Piano di gestione operativa

In fase di esercizio gli impianti di incenerimento devono disporre di un piano di gestione operativa che individui le modalità e le procedure necessarie a garantire un elevato grado di protezione sia dell'ambiente che degli operatori presenti sull'impianto.
In particolare il piano di gestione deve contenere indicazioni su:
a) procedure di accettazione dei rifiuti da trattare (modalità di campionamento ed analisi e verifica del processo di trattamento)
b) tempi e modalità di stoccaggio dei rifiuti
c) criteri e modalità di omogeneizzazione dei rifiuti da trattare ove necessario
d) procedure di monitoraggio e di controllo dell'efficienza del processo di trattamento, dei sistemi di protezione ambientale e dei dispositivi di sicurezza installati
e) procedura di ripristino ambientale dopo la chiusura dell'impianto in relazione alla destinazione urbanistica dell'area.

H. 9.2 Programma di sorveglianza e controllo (PSC)

Nell'ambito delle BAT va individuata la predisposizione ed adozione di un programma di sorveglianza e controllo, finalizzato a garantire che:
1) tutte le sezioni impiantistiche assolvano alle funzioni per le quali sono progettate in tutte le condizioni operative previste

2) vengano adottati tutti gli accorgimenti per ridurre i rischi per l'ambiente ed i disagi per la popolazione
3) venga assicurato un tempestivo intervento in caso di incidenti ed adottate procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie
4) venga garantito l'addestramento costante del personale impiegato nella gestione
5) venga garantito alle autorità competenti ed al pubblico l'accesso ai principali dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza
6) vengano adottate tutte le misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti.

Il controllo e la sorveglianza dovrebbero essere condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente ed i prelievi e le analisi previste per garantire il rispetto dei limiti alle emissioni, indicate nei documenti autorizzativi, dovrebbero essere effettuati da laboratori competenti, preferibilmente indipendenti, operanti in regime di qualità secondo le norme della famiglia ISO 9000 per le specifiche determinazioni indicate nel provvedimento autorizzativo.
I contenuti del PSC devono essere correlati, per quanto di competenza, con quelli del Piano di Gestione.

H.9.3 Personale

La responsabilità della gestione dell'impianto di incenerimento deve essere affidata ad una persona competente e il personale deve essere adeguatamente addestrato.

H.9.4 Benchmarking

E' necessario analizzare e confrontare, con cadenza periodica, i processi, i metodi adottati e i risultati raggiunti, sia economici che ambientali, con quelli di altri impianti e organizzazioni.

H.9.5 Certificazione

E' necessario promuovere le attività relative all'adozione di sistemi di gestione ambientale (EMS) nonché di certificazione ambientale (UNI EN ISO 14001) e soprattutto l'adesione al sistema EMAS.

H.9.6 Sistemi di supervisione e controllo

Tutti i sistemi, gli apparati e le apparecchiature costituenti l'impianto di incenerimento devono essere asservite ad un efficiente ed affidabile sistema di supervisione e controllo che ne consenta la gestione in automatico.

H.10 Monitoraggio

Il rispetto delle prescrizioni riportate nella normativa nazionale può essere considerato come BAT in questo campo, soprattutto per quanto concerne le emissioni in atmosfera e gli scarichi liquidi.
Occorre inoltre prevedere un programma di monitoraggio sul flusso dei residui che preveda:

- La registrazione dei quantitativi prodotti e il loro destino (smaltimento/recupero)
- La determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche
- L'evidenziazione di eventuali particolari precauzioni o rischi connessi con la loro manipolazione.

H.11 Comunicazione e consapevolezza pubblica

E' necessaria la predisposizione di un programma di comunicazione periodica che preveda, oltre a quanto elencato al punto E.4.9:

- la diffusione periodica di rapporti ambientali
- la diffusione periodica dei dati sulla gestione dell'impianto.

H.12 Aspetti di pianificazione e gestione

H.12.1 Ubicazione dell'impianto

La scelta del sito deve essere effettuata sulla base di valutazioni comparative tra diverse localizzazioni che tengano in considerazione tutti gli aspetti logistici, di collegamento con le diverse utenze e di impatto ambientale come meglio dettagliato nei successivi punti.
Le zone destinate agli insediamenti industriali dalle pianificazioni urbanistiche dei Comuni costituiscono la collocazione più idonea per tali impianti.

H.12.2 Potenzialità dell'impianto

Nel caso di incenerimento di RU, al fine di conseguire economie di scala, la potenzialità di un impianto di incenerimento non dovrebbe essere inferiore alle 300 t/g, riferite ad un PCI di 10,5 MJ/kg, indicativamente suddivise in 2 linee da 150 t/g, corrispondenti ad un bacino di utenza dell'ordine di 300.000 abitanti.
Sono fatte salve eventuali peculiarità locali.
Si ricorda ancora una volta che, a causa delle diverse caratteristiche dei rifiuti trattabili (RU, frazione secca, CDR), la taglia dell'impianto è univocamente definita dalla capacità termica nominale dell'impianto. Ne caso sopraesposto la taglia minima dovrebbe essere indicativamente compresa fra 30 e 40 MW_t.
Nel caso di incenerimento di altre tipologie di rifiuti (RS, sanitari, fanghi), non è possibile dare indicazioni in merito; tuttavia anche in questo caso è sensibile l'influenza del fattore di scala sull'economicità dell'investimento.

H.12.3 Bacino di utenza

Deve essere riferito ai criteri indicati dalla normativa vigente, prendendo comunque in considerazione quanto indicato al punto H.12.2.

H.12.4 Trasporti e collegamento al sistema viario

Deve essere assicurato un collegamento viario idoneo al transito dei mezzi per il conferimento dei rifiuti e per l'allontanamento dei residui.
Il conferimento dei rifiuti mediante ferrovia, se fattibile dal punto di vista tecnico-economico, è da privilegiare.
Al fine di ridurre i costi di trasporto e l'impatto sull'ambiente è necessario prevedere l'impiego di autocarri con la massima portata utile; di conseguenza è necessario verificare la disponibilità di strade adeguate.

I) ANALISI DELL'APPLICABILITA' AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE AL PUNTO PRECEDENTE, ANCHE CON RIFERIMENTO AI TEMPI DI ATTUAZIONE

I.1 Applicazione delle BAT

L'applicabilità di una qualsiasi BAT, soprattutto nel caso degli impianti esistenti, non può risultare di carattere generale essendo essa legata a diversi fattori presenti a livello locale, che possono influenzare notevolmente le prestazioni raggiungibili.
Tra questi si citano:

- Le dimensioni dell'impianto;
- Il tempo di vita residuo ("età") dell'impianto;
- L'ubicazione e il contesto locale;
- Le caratteristiche dei rifiuti trattati (principalmente il contenuto di inquinanti);
- La presenza di vincoli di carattere tecnico;
- La legislazione a livello nazionale e regionale.

I.1.1 Le dimensioni dell'impianto

Si può senza dubbio affermare che l'economia di scala non consente agli impianti di taglia ridotta di ottenere, a parità di costo unitario, le stesse prestazioni ambientali, a causa dell'influenza negativa del fattore di scala. Questo può rendere alcune tecniche poco applicabili.
In linea generale si ritiene che i campi di prestazioni definiti sono da riferirsi ad impianti di taglia medio-grande.

I.1.2 L'età dell'impianto

In linea generale l'applicazione delle BAT dovrebbe essere idonea sia per gli impianti nuovi che per quelli esistenti.
E' altrettanto evidente che tale affermazione deve poi essere calata all'interno della realtà del singolo impianto.
In via generale le modifiche impiantistiche su installazioni esistenti risultano essere di norma più costose, richiedono spesso di interrompere o ridurre il funzionamento dell'impianto e, soprattutto possono disporre di un tempo di ammortamento molto ridotto, vincolato dalla vita utile residua dell'impianto stesso.

I.1.3 L'ubicazione e il contesto locale

L'ubicazione dell'impianto può influenzare notevolmente l'efficacia e persino la stessa applicabilità di una specifica BAT.
Ad esempio la mancata disponibilità di quantitativi idonei di acqua per usi di processo o di raffreddamento può costringere al ricorso all'impiego di condensatori ad aria (con limitazioni sull'efficienza di recupero) oppure a prevedere l'impiego di sistemi di sistemi a secco anziché ad umido. Analogamente eventuali vincoli sulle concentrazioni di inquinanti sulle acque di scarico (es. cloruri) può costringere al ricorso all'impiego di sistemi di trattamento dei fumi a secco anziché ad umido che, per contro, risultano essere favoriti nel caso di impianti siti in zone costiere.

I.1.4 La tipologia di rifiuti trattati

Come già rilevato la configurazione impiantistica e le prestazioni energetico-ambientali di un impianto di incenerimento sono fortemente vincolate dalle tipologie di rifiuti trattati.
Il D.Lgs. 133/05 sull'incenerimento disciplina un ampio spettro di impianti che possono trattare da RU sino a rifiuti pericolosi di varia natura e provenienza, disciplinando oltretutto, alcune categorie di rifiuti (oli usati, rifiuti sanitari), non disciplinati da quelle precedentemente in vigore.
In termini generali si può affermare che l'applicazione delle stesse BAT a rifiuti che differiscono sostanzialmente in termini di caratteristiche (quali combustibilità, contenuto di inquinanti, contenuto di inerti, ecc.) potrebbe condurre, a seconda dei casi, a prestazioni ambientali insoddisfacenti ovvero ad inutili ridondanze tecniche, non giustificabili in termini di analisi costi-benefici.

I.1.5 Presenza di vincoli di carattere tecnico

Tra le difficoltà che possono insorgere nell'applicazione di specifiche BAT occorre sicuramente annoverare:

- La compatibilità tecnica dell'intervento in esame con i criteri progettuali e/o realizzativi delle installazioni esistenti;
- La mancata disponibilità di aree idonee per l'installazione di apparecchiature, sistemi e/o componenti aggiuntivi.

Entrambe, e soprattutto quest'ultima, possono vanificare l'applicazione di BAT che rispondono a tutti gli altri requisiti di applicabilità.

I.1.6 La legislazione a livello nazionale e regionale

Come già rilevato, l'applicazione delle BAT deve avvenire nell'ambito dell'applicazione della normativa nazionale e regionale, che costituisce requisito minimo per l'identificazione della prestazione autorizzabile. In ultima analisi qualsiasi tecnica individuata per essere effettivamente applicabile deve essere in linea con qualsiasi prescrizione normativa applicabile, non solo di carattere ambientale.

I.2 Interventi per l'applicazione delle BAT

La storia dell'incenerimento dei rifiuti negli ultimi 20 anni dimostra che in molti casi si è preferito, per adeguarsi a nuove norme più restrittive, ricostruire completamente la linea di incenerimento (forno/generatore di vapore e depurazione fumi) valorizzando comunque il vantaggio di avere un sito con i collegamenti stradali, gli allacciamenti alle reti tecnologiche, la fossa rifiuti, il camino ed altre opere civili. Molto spesso però i vecchi impianti sono penalizzati dalla presenza di sistemi di stoccaggio rifiuti (fosse) troppo piccoli e di camini che non dispongono di strutture che permettono di effettuare agevolmente le analisi periodiche previste dalla legislazione vigente.
Va comunque detto che, allo stato attuale, un qualsiasi impianto deve già rispettare le prescrizioni previste dal decreto legislativo 133/2005.
Per l'adeguamento del sistema impiantistico nazionale al rispetto contestuale della normativa sull'incenerimento e dei dettami della direttiva IPPC possono essere individuati due tipi di interventi:

- <u>Interventi di carattere operativo gestionale,</u> caratterizzati da tempi di realizzazione e costi

relativamente ridotti, nonché vantaggi prestazionali accettabili per impianti che sono praticamente già in linea o quasi con la futura normativa;
- Interventi ristrutturativi, che prevedono il rifacimento, più o meno esteso, di qualche sezione dell'impianto individuata come critica e che comportano tempi di realizzazione (indicativamente dell'ordine dei 24 mesi), con maggiori impegni economici.

I.2.1 Interventi di carattere operativo-gestionale

Tra le BAT elencate al capitolo H si evidenziano le seguenti come applicabili agli impianti esistenti in tempi indicativamente non superiori ai 12 mesi, al fine quantomeno della loro equiparazione alle prestazioni ambientali di un impianto di nuova generazione.

Controllo dei rifiuti in ingresso
Accettare all'impianto solo le tipologie compatibili con l'impianto ed eventualmente prevedere operazioni a monte come raccolta differenziata, selezione e/o pretrattamento.
Ad esempio:
- evitare flussi di rifiuti contenenti plastiche clorurate per meglio controllare le emissioni di HCl;
- omogeneizzare (mescolare, ridurre la pezzatura) i rifiuti per controllare i picchi di emissione.

Occorre inoltre evidenziare che:
- per la ricezione dei rifiuti in ingresso valgono tutte le prescrizioni contenute nell'art.7 del D.Lgs. 133/05, in particolare si evidenzia l'obbligo di acquisire le informazioni relative allo stato fisico, alla composizione chimica dei rifiuti, al Codice dell'Elenco europeo. Vanno, anche, acquisite informazioni sul contenuto di sostanze pericolose che possono, in base alla loro concentrazione, far classificare il rifiuto come pericoloso, sulle sostanze con le quali non possono essere mescolati i rifiuti e sulle precauzioni da adottare nella manipolazione dei rifiuti stessi. I rifiuti accettati dovranno avere caratteristiche conformi a quelle indicate nell'autorizzazione; al riguardo si segnala che l'articolo 4 prevede che, nell'autorizzazione rilasciata dall'autorità competente, vengano specificate nel caso di combustione di rifiuti pericolosi: le quantità ed i poteri calorifici inferiori minimi e massimi delle diverse tipologie di rifiuti pericolosi che possono essere trattate nell'impianto, i loro flussi di massa minimi e massimi, nonché il contenuto massimo di inquinanti quali, ad esempio, PCB/PCT, PCP, cloro totale, fluoro totale, zolfo totale, metalli pesanti. All'atto dell'accettazione dei rifiuti pericolosi dovranno essere prelevati campioni rappresentativi al fine di verificarne, mediante controlli analitici, la conformità a quanto previsto nel documento autorizzativi;
- per effettuare i controlli dovranno essere utilizzate metodologie di campionamento ed analisi riconosciute in sede internazionale e nazionale e ed approvate da parte degli Enti di controllo. I laboratori utilizzati dovranno operare in regime di qualità secondo le norme della famiglia ISO 9000.

Controllo della combustione
Per ridurre le emissioni di monossido di carbonio e delle sostanze organiche totali (COT) intervenire sulla regolazione del processo di combustione attraverso:
- l'ottimizzazione della distribuzione dell'aria di combustione primaria e secondaria
- il preriscaldo dell'aria primaria;
- la sostituzione di parte dell'aria secondaria con il ricircolo dei fumi depurati.

Miglioramento della filtrazione
Controllo delle emissioni di polveri totali e di tutti i microinquinanti che alla temperatura di filtrazione sono in fase solida oppure adsorbiti sulle polveri. A tal fine occorrerà prendere in esame l'installazione di un filtro a maniche come stadio finale del trattamento fumi.

Riduzione degli ossidi di azoto
Oltre al miglior controllo della combustione (vedi sopra) è necessario installare un sistema specifico di rimozione degli NO_x.
Il sistema SNCR (riduzione selettiva non catalitica) si adatta meglio agli impianti esistenti perché non necessità di grandi spazi e presenta costi e tempi di realizzazione accettabili.

Composti inorganici del cloro, fluoro, ossidi di zolfo
Per raggiungere limiti più bassi per questi composti, senza ricorrere a nuove installazioni, occorre ricorrere all'impiego di reagenti con maggior grado di reattività.
Si citano ad esempio:

- impiego di bicarbonato di sodio o calce idrata con maggior grado di purezza e maggior superficie attiva per i sistemi a secco;
- l'adozione di un maggior grado di ricircolo nel caso di impiego di calce nei sistemi a secco;
- l'impiego degli idrossido di sodio per i sistemi ad umido.

Mercurio, PCDD/PCDF e IPA
Impiego di carboni attivi (per iniezione o su letto fisso) a monte della filtrazione finale.
Nei sistemi ad umido occorre aggiungere additivi specifici (solfuri o derivati) alla soluzione di lavaggio o ricorrere all'impiego di materiali adsorbenti rivestiti di carbonio come corpi di riempimento nelle torri di lavaggio ad umido (tecnica in fase di sperimentazione nei Paesi del Nord Europa).

Controllo del rumore
E' uno dei problemi più rilevanti nei vecchi impianti.
Può essere ovviato tramite un'adeguata manutenzione delle apparecchiature più critiche sotto questo aspetto (ventilatori, compressori, motori), nonché l'impiego di adeguati sistemi di insonorizzazione.

Sistemi di supervisione e controllo
Tutti i sistemi, gli apparati e le apparecchiature costituenti l'impianto di incenerimento devono essere asservite ad un efficiente ed affidabile sistema di supervisione e controllo che ne consenta la gestione in automatico.
Adeguamento del sistema di misura in continuo delle emissioni e il software di gestione dei dati, in particolare per la registrazione delle medie semiorarie.

Recupero energetico
Installazioni di sistemi di scambio termico. Ove necessario i problemi di corrosione possono essere affrontati rivestendo le superfici di scambio con leghe speciali resistenti alla corrosione ad alta temperatura (es. leghe di Nichel).

I.2.2 Interventi ristrutturativi

Si rendono necessari per impianti più vecchi che possono presentare, allo stato attuale, difficoltà al rispetto della normativa vigente e per i quali non risultano applicabili (perché non efficaci o diseconomici) gli interventi di tipo operativo-gestionale.
A titolo informativo e non esaustivo si citano:

- la sostituzione con generatori di vapore di tipo integrato delle caldaie a recupero poste in serie alle camere di combustione e post-combustione;
- l'introduzione di combustori con griglie raffreddate ad acqua e/o a letto fluido, se richiesto dalle caratteristiche dei rifiuti trattati;
- l'introduzione di uno stadio addizionale di trattamento dei fumi e/o la sostituzione di uno esistente con uno più efficace/efficiente, ai fini del controllo di specifiche tipologie di inquinanti;
- l'installazione di sistemi avanzati di "polishing" dei fumi (solo in presenza di particolare vincoli di carattere ambientale a livello locale).

Alla luce della rilevanza di tali interventi l'analisi costi-benefici deve essere comunque condotta caso per caso, tenendo conto anche dei possibili risvolti negativi sull'ambiente conseguenti al mancato esercizio dell'impianto.

I.2.3 Adozione di piano di gestione operativa

Nell'applicazione delle BAT è necessario predisporre ed applicare un piano di gestione operativa che individui le modalità e le procedure necessarie a garantire un elevato grado di protezione sia dell'ambiente che degli operatori presenti sull'impianto.
In particolare il piano di gestione deve contenere indicazioni su:
a) procedure di accettazione dei rifiuti da trattare (modalità di campionamento ed analisi e verifica del processo di trattamento)
b) tempi e modalità di stoccaggio dei rifiuti
c) criteri e modalità di omogeneizzazione dei rifiuti da trattare ove necessario
d) procedure di monitoraggio e di controllo dell'efficienza del processo di trattamento, dei sistemi di protezione ambientale e dei dispositivi di sicurezza installati
e) procedura di ripristino ambientale dopo la chiusura dell'impianto in relazione alla destinazione urbanistica dell'area.

I.2.4 Adozione di un programma di sorveglianza e controllo

Nell'ambito dell'applicazione delle BAT va individuata la predisposizione ed adozione di un programma di sorveglianza e controllo, previsto, peraltro, in alcune leggi regionali a carico di tutti gli impianti di gestione dei rifiuti, finalizzato a garantire che:

- tutte le sezioni impiantistiche assolvano alle funzioni per le quali sono progettate in tutte le condizioni operative previste;
- vengano adottati tutti gli accorgimenti per ridurre i rischi per l'ambiente ed i disagi per la popolazione;
- venga assicurato un tempestivo intervento in caso di incidenti ed adottate procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie nel processo produttivo;
- venga garantito l'addestramento costante del personale impiegato nella gestione;
- venga garantito alle autorità competenti ed al pubblico l'accesso ai principali dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza;

- vengano adottate tutte le misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti.

Il controllo e la sorveglianza dovrebbero essere condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente ed i prelievi e le analisi previste per garantire il rispetto dei limiti alle emissioni, indicate nei documenti autorizzativi, dovrebbero essere effettuati da laboratori competenti, preferibilmente indipendenti, operanti in regime di qualità secondo le norme della famiglia ISO 9000 per le specifiche determinazioni indicate nel provvedimento autorizzativo.

I.2.5 Benchmarking

E' necessario analizzare e confrontare, con cadenza periodica, i processi, i metodi adottati e i risultati raggiunti, sia economici che ambientali, con quelli di altri impianti e organizzazioni.

I.2.6 Certificazione

E' necessario promuovere le attività relative all'adozione di sistemi di gestione ambientale (EMS) nonché di certificazione ambientale (UNI EN ISO 14001) e soprattutto l'adesione al sistema EMAS.

I.2.7 Comunicazione e consapevolezza pubblica

E' necessaria la predisposizione di un programma di comunicazione periodica che preveda, oltre a quanto elencato al punto E.4.9:

- diffusione periodica di rapporti ambientali
- la comunicazione periodica a mezzo stampa locale
- la distribuzione di materiale informativo
- l'apertura degli impianti per le visite del pubblico
- la diffusione periodica dei dati sulla gestione dell'impianto.

J) FATTIBILITA' ECONOMICA DELLE TECNICHE ELENCATE ANALIZZATA ATTRAVERSO L'ANALISI DEI COSTI BENEFICI

J.1 Considerazioni economiche di carattere generale sugli impianti di incenerimento

J.1.1 Costi unitari di investimento

li impianti di incenerimento dei rifiuti con recupero energetico sono caratterizzati da valori specifici dell'investimento variabili in un campo molto ampio, in conseguenza dei numerosi fattori che concorrono alla sua definizione.
Tra questi, due in particolare rivestono un'incidenza rilevante: la taglia e la configurazione dell'impianto, con particolare riguardo al sistema di produzione di energia elettrica ed alla sezione di trattamento dei fumi[9].
Riguardo al concetto di taglia occorre precisare che in considerazione delle differenti caratteristiche dei rifiuti in ingresso (RU, "frazione secca", CDR, ecc.) non è possibile fare unicamente riferimento ai quantitativi di rifiuti alimentati (su base giornaliera o annua).
La taglia va intesa come potenza termica dell'impianto, espressa come carico termico massimo continuo in ingresso all'apparecchiatura di combustione, parametro che tiene conto delle caratteristiche dei rifiuti alimentati (PCI) e che quindi determina le dimensioni sia delle apparecchiature di combustione che dei sistemi di trattamento dei fumi.
Per potenze termiche (oppure elettriche lorde) tra 50 e 200 MWt (oppure tra 12 e 60 MWe) ed impianti sviluppati su almeno 2 linee di processo, si può affermare che tali valori oscillano tra circa 0,9 MEuro/MWt (oppure 3,0 MEuro/MWe) per gli impianti di maggiore taglia e circa 1,5 MEuro/MWt (oppure 6,0 MEuro/MWe) per quelli di taglia inferiore.
L'investimento specifico diminuisce all'aumentare della taglia dell'impianto, anche se l'adozione di soluzioni impiantistiche più avanzate, ovvero di alcune ridondanze per i grossi impianti (esempio realizzazione su tre linee anziché su due) annullano in parte l'effetto scala.
Per contro tali soluzioni aumentano l'affidabilità dell'impianto, favorendo anche il contenimento dei costi di esercizio.
Si ottengono quindi forti economie di scala solo nel caso di impianti di taglia piuttosto elevata.
La ripartizione percentuale per i vari sistemi (in opera) può essere considerata la seguente :

- Ricezione e movimentazione 5÷10
- Combustore/caldaia 20÷30
- Turbogruppo e ciclo termico 10÷15
- Trattamento fumi 10÷15
- Ausiliari meccanici 5÷10
- Sistemi elettro-strumentali 15÷20
- Opere civili e camino 15÷20

J.1.2 Costi di gestione

I costi annuali di gestione (comprensivi di oneri per personale, amministrazione, manutenzione, consumo di reagenti e utilities, smaltimento a discarica dei residui) oscillano indicativamente tra 75 e 90 MEuro/t[10] di rifiuto annualmente trattato, con la seguente

[9] Esistono poi altri fattori che possono influenzare in maniera significativa il costo di investimento quali la "qualità" della fornitura, la completezza del sistema di automazione, controllo e monitoraggio dell'impianto, la ridondanza di sistemi ed apparecchiature, gli aspetti architettonici e di inserimento nel territorio.
[10] I costi di gestione sono fortemente influenzati da molti fattori, tra cui la taglia, l'età, l'ubicazione dell'impianto, nonché la disponibilità di infrastrutture e servizi.

ripartizione percentuale indicativa :

• Personale	15÷20
• Reagenti e utilities	10÷20
• Smaltimenti	35÷45
• Manutenzione	15÷25
• Amministrative	5÷10

K) DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

K.1 La definizione e l'applicazione delle BAT

K.1.1 La direttiva 96/61/CE

La direttiva 96/61/CE ("Direttiva IPPC") definisce le "***migliori tecniche disponibili***" come*"la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso".*
A tale scopo occorre tenere presente le seguenti definizioni:

- *"tecniche"*, si intende sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- *"migliori"*, qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;
- *"disponibili"*, qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato Membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli;

K.1.2 Impatto ambientale e rischi

Le tecniche individuate devono minimizzare l'impatto dell'impianto sull'ambiente relativo a tutte le matrici interessate (acqua, aria, suolo) e sulla salute umana, nel rispetto degli specifici requisiti stabiliti dalla normativa vigente. La sicurezza dei lavoratori deve essere tutelata, in accordo alla vigente normativa.

K.1.3 Fattibilità tecnico-economica

Le tecniche prescelte devono essere affidabili e deve essere garantita la qualità dei sistemi e delle apparecchiature utilizzate.
I costi di investimento, esercizio e manutenzione devono essere sostenibili.
Le analisi costi-benefici devono aver dato esito positivo.

K.1.4 Processo decisionale per l'individuazione delle BAT

Per l'individuazione di una BAT occorre mettere in atto un processo decisionale che sulla base dei dati disponibili riguardo alla tecnica in esame ed alla specifica applicazione, tenuto conto dei fattori locali e degli aspetti summenzionati possa portare ad una valutazione della sua applicabilità (vedi anche punto I.1).
L'analisi dell'applicabilità parte da una verifica della fattibilità tecnica della BAT individuata.
A valle segue una valutazione dei benefici attesi, da valutare non solo intermini di prestazioni teoriche, ma anche in funzione della reale operatività ed efficacia nel tempo. I benefici dovranno essere valutati secondo un approccio integrato, al fine di evitare la trasposizione dell'inquinamento da un settore ambientale ad un altro.
Ai benefici individuati dovranno essere associati i relativi costi, al fine di verificarne la congruità. Per gli impianti esistenti si dovranno considerare anche i costi associati con

l'eventuali fermate o la ridotta capacità di trattamento conseguenti agli interventi individuati.
A valle dell'individuazione delle BAT applicabili, sarà possibile definire le eventuali prescrizioni da riportare nell'autorizzazione integrata ambientale che, come già discusso in precedenza, saranno specifiche dell'impianto in questione e, in ogni caso, in linea con qualsiasi disposizione di legge applicabile al caso in esame.

K.2 Criteri di individuazione delle BAT

Considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle migliori tecniche disponibili, tenuto conto dei costi e dei benefici che possono risultare da un'azione e del principio di precauzione e prevenzione.

K.2.1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti

Le tecniche adottate nei i processi di trattamento termico dei rifiuti devono essere tali da minimizzare la produzione dei rifiuti e la loro pericolosità, intervenendo in particolare su:
- efficienza della combustione;
- efficienza del trattamento fumi;
- controllo delle caratteristiche dei rifiuti in ingresso.

Queste tecniche devono tendere ad eliminare i composti pericolosi, a concentrare quelli non eliminabili nella minore quantità possibile di residui della depurazione dei fumi ed a produrre delle scorie e ceneri quanto più inerti.
Le tecniche devono limitare anche la produzione di rifiuti non direttamente collegati al processo di combustione, ma all'esercizio dell'impianto nel suo insieme, come catalizzatori esauriti, parti di impianto sostituite, coibentazioni, refrattari, oli, fanghi, reflui, ecc..
Inoltre devono essere affrontate le problematiche legate allo stoccaggio, carico, trasporto e scarico dei rifiuti prodotti.

K.2.2 Impiego di sostanze meno pericolose

Nella progettazione dell'impianto e nella sua conduzione deve essere previsto l'impiego di sostanze e materiali selezionati secondo i criteri della minore pericolosità e del minore consumo.

K.2.3 Tecniche per il recupero/riciclo delle correnti in uscita al processo e dei rifiuti

Negli impianti di incenerimento deve essere massimizzato il recupero di energia dai fumi derivanti dal trattamento termico.
I materiali e le sostanze impiegate nei vari processi devono essere recuperati al massimo possibile, nel rispetto della normativa vigente.
In particolare, per la loro rilevanza quantitativa, le tecniche di gestione devono essere finalizzate a massimizzare:
- il recupero delle scorie come materiali inerti da costruzioni e dei metalli (ferrosi e non) in esse contenuti;
- il riciclo delle acque di scarico per usi interni all'impianto.

K.2.4 Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale

Le tecniche individuate devono garantire prestazioni e livelli di esercizio verificati sulla base di applicazioni di successo su scala industriale.

L’impianto deve garantire elevata disponibilità e affidabilità di esercizio.
E' importante la molteplicità di fornitori e la disponibilità sul mercato di ricambi, materiali e reagenti necessari per l'esercizio e per le manutenzioni.
Le tecniche adottate devono essere compatibili con le condizioni locali (ambientali, climatiche, geografiche, socio-economiche).

K.2.5 Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico

Le tecniche devono essere scelte alla luce delle evoluzioni in campo scientifico e dei relativi progressi tecnici conseguiti nel settore dell’incenerimento dei rifiuti.
Qualsiasi tecnica deve dimostrare anche la capacità di evolvere ed essere in grado di adattarsi a nuove soluzioni e condizioni.

K.2.6 Natura, effetti e volume delle emissioni

La valutazione degli effetti delle emissioni deve tenere conto della situazione al contorno (piani di qualità dell'aria e dell'acqua, piani territoriali e urbanistici, ecc.)
Devono essere utilizzate le tecniche più avanzate per la misurazione delle emissioni e dei parametri di processo, nel rispetto dei requisiti minimi prescritti dalla normativa.

K.2.7 Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti

Sono da considerare la vita media di un impianto e la sua capacità produttiva nel tempo.

K.2.8 Tempo richiesto per l’adozione di una migliore tecnica disponibile

Nel settore del trattamento dei rifiuti, data la variabilità e la complessità dei materiali da trattare e le innovazioni tecnologiche continuamente proposte, si rende necessario effettuare, prima dell’applicazione di una nuova tecnica, una attenta campagna di sperimentazione e verifica sul campo.

K.2.9 Consumo di risorse

Le tecniche selezionate devono essere finalizzate alla la minimizzazione dei consumi di acqua, materie prime, energia; devono inoltre prediligere l'impiego di sostanze e materiali la cui produzione è, a sua volta, causa di un ridotto impatto ambientale e minimi consumi energetici.
In questa valutazione può risultare utile l’impiego di sistemi di analisi del ciclo di vita (LCA).
Le tecniche prescelte devono massimizzare l'efficienza del ciclo termico e utilizzare apparecchiature a basso consumo di energia.
In particolare deve essere minimizzata l'emissione specifica per unità di energia prodotta.

K.2.10 Prevenzione e riduzione dell'impatto globale sull'ambiente

E’ necessario minimizzare l’impatto delle emissioni in aria e in acqua, tenendo conto della specifica realtà territoriale in cui è insediato l’impianto. L’impatto globale deve essere valutato nell’ambito di piani locali della qualità dell’aria e delle acque.
Deve essere preso accuratamente valutato che un impianto non affidabile può mettere in crisi il servizio (pubblico o meno) di smaltimento rifiuti.
Inoltre, occorre ridurre al minimo il numero di fermate e avviamenti dell'impianto, perché in

queste fasi vengono, di solito, emesse le maggiori quantità di inquinanti.
Sono da individuare tecniche di gestione della combustione che permettano il contenimento del volume dei fumi e del loro carico inquinante.
I reflui dalla depurazione fumi devono essere opportunamente trattati prima di essere scaricati.
Sono richieste tecniche di misurazione di elevata qualità per il monitoraggio in continuo dei parametri operativi dell'impianto e delle emissioni.

K.2.11 Prevenzione degli incidenti e minimizzazione degli effetti

Le tecniche adottate devono considerare la possibilità di incidenti, guasti e malfunzionamenti degli impianti e prevenirne o limitarne le conseguenze. Gli impianti devono essere dotati di sistemi di sicurezza intrinseca e di adeguate riserve. In caso di guasto improvviso o di mancanza di alimentazione, le apparecchiature devono portarsi autonomamente in condizioni di massima sicurezza.
Tenere in debita considerazione l'avvio, le perdite, le disfunzioni, gli arresti temporanei e l'arresto definitivo dell'impianto. Le tecniche prescelte devono prevedere tutte le misure per fronteggiare qualsiasi condizione anomala di esercizio.
Deve essere previsto un idoneo sistema antincendio.
La responsabilità della gestione dell'impianto va affidata a persone competenti e il personale deve essere adeguatamente addestrato.

BIBLIOGRAFIA

1. European IPPC Bureau (a cura di) (2005), *"Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration" (BREF on Waste Incineration)* – Draft July 2005
2. CITEC (a cura di) (2002), *"Linee guida per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani"*, Ed. Hyper
3. APAT/ONR (2005) *"Rapporto Rifiuti 2005"*, disponibile sul sito web: http://www.apat.it
4. Vercaemst P., *"BAT: When do Best Available Techniques become Barely Affordable Technology?"*, Proceedings of the Workshop "Economic consequences of the IPPC-Directive", Brussels, May 2002
5. De Stefanis P. et Al. (1998), *"La valorizzazione energetica in impianti dedicati*", Atti della Conferenza Nazionale Energia e Ambiente" - Roma, 25-28 novembre 1998
6. De Stefanis P. (2002), *"Le tecnologie innovative per il recupero di energia da rifiuti"*, Rapporto Tecnico ENEA RT/AMB/2001/25
7. ISWA Report (WG Thermal Treatment of Waste), *"Management of APC Residues from WTE Plants"*, October 2003
8. Zannier S. (2001), "*Comparazione tra i sistemi i recupero energetico dalla combustione di RSU o di CDR"*, Atti del III Convegno nazionale "Utilizzazione Termica dei Rifiuti" Abano Terme 31 maggio-1 giugno 2001, pp 139-147
9. Gohlke O. et Al., *"New grate-based waste-to-energy system producing an inert ash granulate"*, Waste Management world vol. 3, n. 3 May-June 2003, pages 37-46

GLOSSARIO

a) Abbreviazioni ed acronimi

A

APC	Air Pollution Control, Sistema di Controllo delle Emissioni Gassose (trattamento fumi)

B

BAT	Best Available Technique, Migliore Tecnica Disponibile
BATAOEL	BAT Associated Operational Emission Levels
BFB	Bubbling Fluidised Bed, combustore a Letto Fluido Bollente
BREF	**B**est Available Techniques **Ref**erence document, Documento di Riferimento a Livello Europeo sulle BAT

C

CDR	Combustibile Derivato da Rifiuti
CE	Commissione Europea
CEN	Comitato Europeo di Normazione
CHP	Combined Heat and Power, Produzione combinata di energia termica ed elettrica
CFB	Circulating Fluidised Bed, Combustore a Letto fluido Circolante
CFC	Cluorofluorocarburi
CFD	Computerised Fluid Dynamics, Tecnica di modellizzazione fluidodinamica per la predizioni delle condizioni operative di sistemi di combustione ed altro
COT	Carbonio Organico Totale
CPC	Camera di Post Combustione

D

DCS	Distibuted Control System, Sistema di Controllo Distribuito dell'Impianto
DM	Decreto Ministeriale
DLgs	Decreto Legislativo
DRE	Destruction and Removal Efficiency, Efficienza di Distruzione e Rimozione dell'Incenerimento misurata come percento di un inquinante presente nei rifiuti non emessa al camino

E

EIPPCB	European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau, Ufficio Europeo sull'IPPC
ESP	ElectroStatic Precipitator, Precipitatore Elettrostatico
EMS	Environmental Management System

F

FB	Fluidised Bed, Combustore a Letto Fluido
FBC	Fluidised Bed Combustion, Combustione in Letto Fluido
FGT	Flue Gas Treatment, Trattamento Fumi

G

GTR	Gruppo Tecnico Ristretto demandato alla predisposizione del presente documento

H

HHV	High Heating Value, Potere Calorifico Superiore

I

IEF	Information Exchange Forum, Forum Internazionale per lo Scambio di Informazioni
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle, Gassificazione Integrata con Ciclo Combinato
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control, Prevenzione e Controllo Integrati dell'Inquinamento
IR	Infrared, Raggi Infrarossi
I-TEQ	Tossicità Equivalente delle Diossine secondo il Metodo Internazionale

J

JRC	Joint Research Center, Centro Comune di Ricerca a livello UE

K

L

LHV	Low Heating Value, Potere Calorifico Inferiore (PCI)

M

MBT	Mechanical Biological Treatment, Trattamenti Meccanico-Biologici di rifiuti
MG	Mass Grate, inceneritore a Griglia
MGWC	Mass Grate Water Cooled, Inceneritore a Griglia Raffreddata ad Acqua
MSW	Municipal Solid Waste, Rifiuti Urbani (RU)
MSWI	Municipal Solid Waste Incinerator/Incineration, Inceneritore/Incenerimento di Rifiuti Urbani

N

n/a	Non applicabile
n.d.	Non disponibile
NMVOC	Non Methane Volatile Organic Compounds; Composti Organici Volatili Diversi dal Metano

O

P

PAH	Polyciclic Aromatic Hydrocarbons, Idrocarburi Aromatici Policiclici (IPA)
PCB	Policlorobifenili
PCC	Post combustion Chamber, Camera di Post Combustione (CPC)
PCDD	Policlorodibenzo-diossine
PCDF	Policlorodibenzo-furani
PCI	Potere Calorifico Inferiore di una sostanza (quando l'umidità dei fumi di combustione viene considerata allo stato vapore)
PCS	Potere Calorifico Superiore di una sostanza (quando l'umidità dei fumi di combustione viene considerata allo stato liquido)
POPs	Persistent Organic Pollutants, Inquinante Organico Persistente
PSR	Prodotti Solidi Residui costituiti da sali di reazione e dalle polveri leggere, in percentuali variabili in funzione dei sistemi di depolverazione adottati

PVC	Cloruro di Polivinile
Q	
R	
RD	Raccolta Differenziata
RDF	Refuse Derived Fuel, Combustibile Derivato da Rifiuti (CDR)
RI	Rifiuti industriali
RK	Rotary Kiln, Inceneritore a Tamburo Rotante (TR)
RP	Rifiuti Pericolosi
RS	Rifiuti Speciali
RSS	Rifiuti Speciali Sanitari
RU	Rifiuti Urbani
S	
SCC	Secondary Combustion Chamber, Camera di Post Combustione (CPC)
SCR	Selective Catalytic Reduction, Riduzione Catalitica Selettiva degli Ossidi di Azoto
SNCR	Selective Non-Catalytic Reduction, Riduzione non-Catalitica Selettiva degli Ossidi di Azoto
SS	Sewage Sludge, Fanghi da Trattamento Acque
SSI	Sewage Sludge Incinerator, Inceneritore di Fanghi da Trattamento Acque
T	
TEQ	Toxicity Equivalent, Tossicità Equivalente, modalità di contabilizzazione del contenuto di diossine riferito convenzionalmente alla 2,3,7,8 TCDD
TOC	Total Organic Carbon, Carbonio Organico Totale (COT)
TR	Inceneritore a tamburo rotante
U	
UV	UltraVioletto
V	
VOC	Volatile Organic Compounds, Composti Organici Volatili
W	
WEP	Wet Electrostatic Precipitator, Precipitatore Elettrostatico ad Umido
WS	Wet Scrubber, Colonna di lavaggio ad umido dei fumi
WI	Waste Incineration/Incinerator, Incenerimento/Inceneritore di Rifiuti
WID	Waste Incineration Directive, Direttiva sull'incenerimento dei Rifiuti (2000/76/CE)
W-t-E	Waste to Energy, Incenerimento con Recupero Energetico
X	
Y	
Z	

b) Definizioni

ACQUE REFLUE E/O REFLUI
Acque di scarico derivanti da attività industriali o da scarichi domestici. Le acque reflue, convogliate attraverso apposite tubature, possono essere scaricate nell'ambiente esterno solo se rispecchiano la normativa sugli scarichi (D.lgs. 152/99) e, in caso contrario, solo dopo un adeguato trattamento.

AMMONIACA
É un gas incolore, di formula NH_3, dal caratteristico odore irritante. Si trova in tracce minime nell'aria e nelle esalazioni vulcaniche; si forma, anche, nella putrefazione delle sostanze organiche. Nell'industria trova largo impiego in diversi processi chimici, come composto di base o come additivo chimico.

ANIDRIDE CARBONICA (CO_2)
L'anidride carbonica é un gas incolore, inodore e insapore, più pesante dell'aria, che si forma in tutti i processi di combustione, respirazione, decomposizione di materiale organico, per ossidazione totale del carbonio. É indispensabile alla vita vegetale (fotosintesi clorofilliana) ed é praticamente inerte. La CO_2 é trasparente alla luce solare ma assorbe le radiazioni infrarosse emesse dalla superficie terrestre determinando il cosiddetto effetto serra. Variazioni di concentrazione di anidride carbonica in atmosfera, dovute a varie attività antropiche (combustione, deforestazione) potrebbero determinare nel tempo modifiche del clima.

ANIDRIDE SOLFOROSA (SO_2)
Gas presente nelle emissioni provenienti dall'uso di combustibili derivati dal petrolio o dal carbone. Gran parte dei processi di raffinazione del petrolio sono finalizzati alla riduzione del contenuto di zolfo nei combustibili. Elevate concentrazioni di SO_2 in aria possono determinare le cosiddette piogge acide che, in presenza di terreni particolarmente vulnerabili, come quelli del centro e nord Europa, provocano danni alle foreste.

BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD)
Indica il contenuto di sostanza organica biodegradabile, presente negli scarichi idrici, espresso in termini di quantità di ossigeno necessario alla degradazione da parte di microrganismi in un test della durata di cinque giorni. Il parametro rappresenta un indicatore del potenziale di riduzione dell'ossigeno disciolto nei corpi idrici ricettori degli scarichi con possibili effetti ambientali negativi.

BIOMASSE
Scarti derivanti da produzioni agricole o alimentari, che possono essere utilizzate come fonte energetica rinnovabile.

BIOTRATTAMENTO
Sistema di degradazione degli inquinanti organici operato dai microrganismi che, naturalmente presenti nelle matrici contaminate sono in grado, in condizioni controllate, di degradare completamente gli inquinanti organici ad anidride carbonica ed acqua.

CAPACITA' TERMICA
Vedi carico termico.

CAMERA STATICA
Individua la tipologia più semplice di forno adatta solo per rifiuti liquidi e costituita da una camera di combustione senza parti in movimento in cui vengono iniettati i rifiuti da incenerire.

CARBONE ATTIVO
Particolare tipo di carbone, finemente macinato, caratterizzato da un'elevata superficie di contatto, sulla quale possono essere adsorbite sostanze liquide o gassose.

CARICO TERMICO (NOMINALE) o CAPACITA' TERMICA
Potenzialità (massima) dell'apparecchiatura di combustione alla quale essa è in grado di funzionare in modo continuativo, espressa in termini di MW associati ai rifiuti alimentati al forno stesso. E' data dal prodotto della portata oraria per il potere calorifico inferiore dei rifiuti.

CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD)
Il COD misura la quantità di ossigeno utilizzata per l'ossidazione di sostanze organiche e inorganiche contenute in un campione d'acqua a seguito di trattamento con composti a forte potere ossidante. Questo parametro, come il BOD, viene principalmente usato per la stima del contenuto organico e quindi del potenziale livello di inquinamento delle acque naturali e di scarico. Un alto valore di COD di uno scarico comporta una riduzione dell'ossigeno disciolto nel corpo idrico ricettore e quindi una riduzione di capacità di autodepurazione e di sostenere forme di vita.

COMBUSTIBILE DERIVATO DAI RIFIUTI (CDR)
É un combustibile ottenuto dalla componente secca (carta, plastica, fibre tessili, ecc.) dei rifiuti urbani, tramite appositi trattamento di separazione e purificazione da altri materiali, quali vetro, metalli e inerti.
Esso può trovare impiego in:
- impianti industriali esistenti (cementifici, acciaierie, centrali termoelettriche, ecc.);
- combustori dedicati a griglia o a letto fluido per la produzione di energia elettrica.

Le caratteristiche e le modalità di impiego dell'CDR sono state definite con D.M. 5/2/98.
In senso lato il termine CDR può indicare qualsiasi combustibile alternativo derivante dal recupero di rifiuti.

COMBUSTIONE
Reazione di sostanze organiche con l'ossigeno presente nell'atmosfera; essa produce ossidi di carbonio, vapore d'acqua e calore.

CONTAMINANTE
Vedi inquinante

DEGRADAZIONE
Conversione di un composto organico in un altro avente un numero inferiore di atomi di carbonio.

DEPURAZIONE DEI FUMI
É un trattamento eseguito tramite un sistema di apparecchiature finalizzate alla rimozione, ovvero alla riduzione della concentrazione degli inquinanti presenti nell'effluente gassoso da trattare.
In base alle proprietà chimico-fisiche dell'effluente e degli inquinanti il sistema può essere

costituito da uno o più stadi di abbattimento; la sua configurazione viene determinata in base allo stato fisico degli inquinanti presenti nella corrente gassosa ed alle loro proprietà chimiche, dando luogo a:

- sistemi a secco (ad esempio per polveri o goccioline) di tipo dinamico (cicloni) o statico (filtri a maniche);
- sistemi ad umido (ad esempio per anidride solforosa o acido cloridrico) come le torri di lavaggio ad assorbimento;
- sistemi termici e catalitici (ad esempio per ossidi di azoto e composti organici policiclici e/o policlorurati) come i combustori e i reattori catalitici;
- sistemi ad adsorbimento (per composti organici insolubili in acqua) come le apparecchiature a carboni attivi;
- sistemi biologici come i biofiltri.

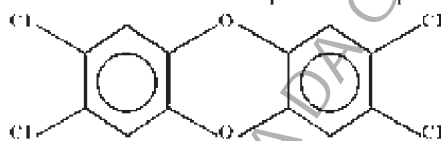
In genere vengono associati stadi di abbattimento a secco, come la filtrazione, con stadi di abbattimento ad umido, come le unità di assorbimento. É inoltre frequente avere uno stadio finale di abbattimento catalitico o di adsorbimento, per il finissaggio finale ("polishing") finalizzato all'abbattimento spinto di inquinanti particolarmente pericolosi come i composti organici clorurati.

DIOSSINE (PCDD)

Le diossine sono dei composti organici clorurati che comprendono una famiglia di 75 tipologie di molecole simili fra di loro (congeneri) ma con tossicità diversa; la 2,3,7,8, tetraclorodibenzo-p-diossina (TCDD) è la più tossica. Sono presenti nell'ambiente in forma di cristalli incolori insolubili estremamente stabili nell'ecosistema per cui possono entrare nella catena alimentare con conseguente bioaccumulo negli organismi superiori; sono sospettate di essere cancerogene per l'uomo.

Le diossine sono presenti pressoché ovunque nell'ecosistema poiché numerose sono le fonti di formazione, fra cui:

- industria siderurgica;
- combustione di combustibili fossili;
- produzione di pesticidi, farmaci, solventi, ecc.;
- incenerimento di rifiuti urbani e speciali;
- industria cartaria (alcuni processi di sbiancamento della carta).

Le temperature di formazione sono comprese fra 300 e 400 °C. Si ha la loro completa termodistruzione a temperature superiori a 800 °C.

formula della 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-p-diossina (TCDD)

Vedi anche MICROINQUINANTI.

DISCARICA

Area predisposta per il contenimento di rifiuti e dotata di caratteristiche costruttive diverse in funzione del tipo di rifiuto ad essa destinato, in base anche alle disposizioni normative.

A seguito della DLgs 13 gennaio 2003 sono previste in Italia 3 categorie di discariche:

- discariche per rifiuti inerti;
- discariche per rifiuti non pericolosi;
- discariche per rifiuti pericolosi.

ELETTROFILTRO
Apparecchiatura di abbattimento delle polveri dalle emissioni gassose. I principi base del processo di precipitazione elettrostatica possono essere così riassunti:

- sviluppo di una corrente ad alto voltaggio utilizzata per caricare elettricamente il materiale particellare dell'aeriforme da depurare;
- creazione di un campo elettrico tra gli elettrodi di scarica e gli elettrodi di raccolta con conseguente migrazione delle polveri, caricate negativamente, sulle piastre di raccolta caricate positivamente;
- rimozione del materiale particellare raccolto mediante scuotimento delle piastre, per battitura o scorrimento di acqua.

EMISSIONE
Scarico di qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa introdotta nell'ecosistema, che possa produrre direttamente o indirettamente un impatto sull'ambiente.

ESSICCATORE
Apparecchiatura utilizzata al fine di ridurre l'umidità dei fanghi di depurazione a valori fino all'ordine del 5% in peso. Scopo del trattamento è ridurre il volume finale di fango da smaltire, stabilizzarlo termicamente, anche per la quasi completa assenza d'acqua, in modo da renderlo utilizzabile in agricoltura o inceneribile in appositi impianti attrezzati per la produzione di energia termica o elettrica. Gli essiccatori si possono distinguere essenzialmente in diretti e indiretti a seconda che il fluido scaldante venga in contatto, o meno, con il fango da essiccare.

EQUALIZZAZIONE DEI REFLUI
Operazione effettuata mediante accumulo dei reflui in arrivo all'impianto di trattamento, allo scopo di omogeneizzare eventuali variazioni temporanee delle concentrazioni degli inquinanti.

FANGHI ATTIVI
L'insieme dei microrganismi che si sviluppano in un impianto di depurazione biologica. Tale biomassa viene mantenuta in sospensione dai sistemi di aerazione ed agitazione, installati nell'impianto di depurazione, permette la degradazione delle sostanze organiche inquinanti presenti nei reflui da trattare.

FILTRO A MANICHE
Strumento di depurazione degli effluenti gassosi, costituito da cilindri di tessuto aperti da un lato. Attraversando il tessuto, i fumi depositano le polveri in essi contenute, comprese particelle di dimensioni submicroniche.

FLOCCULAZIONE
Fase della coagulazione, durante la quale le singole particelle colloidali disperse nel liquame, destabilizzate con l'aggiunta di opportune sostanze, si addensano e formano fiocchi di maggiori dimensioni, che sedimentano più rapidamente.

FLOTTAZIONE
Fase della depurazione utilizzata per la separazione dall'acqua di sostanze liquide o solide, avvalendosi di un gas di trasporto che ne favorisca la raccolta in superficie. Il gas di trasporto, prevalentemente aria, può essere sia disperso nella corrente liquida da depurare (flottatori ad aria disciolta), sia aspirato direttamente dalla stessa, attraverso idonei dispositivi (flottatori ad

aria indotta). Applicazioni prevalenti riguardano la separazione dall'acqua di sostanze oleose e l'ispessimento dei fanghi prodotti dal trattamento biologico.

FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI
Fonti di energia che si generano spontaneamente in natura. Sono fonti rinnovabili l'energia solare, eolica, idroelettrica, geotermica. Anche i rifiuti, secondo l'attuale normativa vigente in Italia, sono classificati fra le fonti energetiche rinnovabili.

FORNO o COMBUSTORE A GRIGLIA
Apparecchiatura destinata principalmente al trattamento di RU indifferenziati nella quale la combustione avviene al di sopra di una griglia che per la quasi totalità degli impianti più recenti è del tipo mobile. L'aria necessaria alla combustione viene iniettata sia al di sotto della griglia (aria primaria), che al di sopra della stessa (aria secondaria).

FORNO o COMBUSTORE A LETTO FLUIDO
Il combustore a letto fluido è essenzialmente costituito da un cilindro verticale contenente un inerte (sabbia) tenuta in sospensione (fluidificata) da una corrente d'aria inviata attraverso una griglia posta alla base del cilindro stesso. I rifiuti vengono alimentati e bruciano nel letto di sabbia che favorisce i processi di scambio termico e fornisce sufficiente inerzia termica al sistema, in modo da regolarizzare il processo di combustione.

FORNO A TAMBURO ROTANTE
I forni a tamburo rotante sono costituiti da un cilindro orizzontale, dotato di opportuna inclinazione (in genere 1-3%), che ruota per consentire l'avanzamento dei rifiuti alimentati. La carica dei rifiuti avviene in corrispondenza dell'estremità del forno più elevata, mentre lo scarico delle scorie avviene all'estremità opposta.

FRAZIONE SECCA o SECCO
Frazione dei RU ricca in materiali combustibili (carta, plastica, tessili, ecc.) ottenuta tramite operazioni di selezione meccanica e (eventuale) rimozione dei metalli.

GAS ACIDI
Prodotti gassosi della combustione (anidride solforosa, acido cloridrico, ecc.) caratterizzati da reazione acida in presenza di acqua.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)
Idrocarburi aromatici con più anelli benzenici, alcuni dei quali sono classificati cancerogeni per l'uomo.

IMPATTO AMBIENTALE
Insieme degli effetti che un'opera (impianto industriale, centrale energetica, strada, ecc.) produce sul territorio circostante, provocando alterazioni o perturbazioni di singole componenti dell'ambiente o del sistema ambientale complessivo. Nel caso che l'introduzione consenta una diminuzione delle emissioni di inquinanti a livello globale si parla di "impatto evitato"

INCENERIMENTO
Processo di combustione ad alta temperatura (compresa fra 850 °C e 1200 °C) in presenza di ossigeno. Viene utilizzato per distruggere i rifiuti e le sostanze pericolose in essi contenute.
La combustione dei rifiuti consente:

- il recupero dell'energia dai rifiuti;
- la riduzione del volume dei rifiuti (90 % del volume iniziale).

L'incenerimento permette la distruzione completa delle sostanze organiche pericolose (es. PCB, diossine, composti organici alogenati, solventi ecc.). I fumi della combustione sono poi trattati e depurati in un apposita sezione dell'impianto.

INERTIZZAZIONE
Processo finalizzato a ridurre la mobilità dei contaminanti, ad esempio la solubilizzazione in acqua, prevenendo o limitando al minimo il loro trasferimento nell'ambiente. (vedi anche solidificazione/stabilizzazione)

INQUINANTE E/O CONTAMINANTE
Sostanza che, immessa nell'ambiente, può alterarne le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche, con potenziale rischio per la salute umana e per l'ambiente stesso.

MEGAWATT
Unità di misura della potenza vale a dire dell'energia (termica o elettrica) per unità di tempo, corrispondente a circa 0,86 x 10^6 kcal /h. Identifica la taglia dell'inceneritore e, di conseguenza, di tutto l'impianto.

METALLI PESANTI
Sono così definiti i metalli con densità maggiore di 5. Fra questi, alcuni (piombo, cadmio, mercurio, antimonio, selenio, nichel, vanadio e altri), sono immessi nell'ambiente, sotto forma di ossidi o di solfuri, attraverso la combustione di olio combustibile, di carbone e/o rifiuti, che ne contengono tracce, oppure nel caso di processi industriali.
Tali composti, dopo una certa permanenza in aria passano nel sistema acqua-suolo e possono entrare nella catena alimentare dando luogo a pericolosi fenomeni di bioaccumulo negli organismi viventi.

MICROINQUINANTI
Inquinati presenti in livelli modesti ($\mu g/m^3$; 1 mg = 1 milionesimo di grammo) nei fumi di combustione che tuttavia possono costituire un rischio ambientale per la loro tossicità e persistenza. Si suddividono in microinquinanti inorganici, costituiti essenzialmente da alcuni metalli pesanti, e in microinquinanti organici fra cui le diossine.

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
Il monossido di carbonio é prodotto dalla incompleta combustione di carburanti e combustibili fossili. É un gas fortemente tossico che attacca le funzioni cerebrali e la respirazione. La fonte principale é costituita dai motori a benzina non dotati di marmitta catalitica ossidante.

NEUTRALIZZAZIONE
L'azione chimica attraverso la quale una soluzione acida o basica è resa neutra (cioè né acida né basica) per aggiunta, rispettivamente, di una base o di un acido. In generale, per neutralizzazione si intende un processo utilizzato per rendere innocuo un agente chimico tossico.

OSSIDI DI AZOTO (NO_x)
Gli ossidi di azoto sono composti ossigenati dell'azoto allo stato gassoso. Essi possono agire sulle vie aeree sinergicamente con altri gas e partecipano come "precursori" alla formazione

degli ossidanti fotochimici (ozono, perossidi organici). Sono, dopo l'anidride solforosa, i più diffusi e aggressivi inquinanti atmosferici e con questa danno luogo alle cosiddette "piogge acide".

OSSIDI DI ZOLFO (SO_x)
Le emissioni di ossidi di zolfo, costituite principalmente da anidride solforosa sono dovute prevalentemente all'uso di combustibili solidi e liquidi e sono correlate al contenuto di zolfo di questi ultimi. Gli ossidi di zolfo sono tipici inquinanti delle aree urbane e industriali, ove l'elevata intensità degli insediamenti ne favorisce l'accumulo, soprattutto in condizioni meteorologiche sfavorevoli. Le situazioni più gravi si presentano nei periodi invernali quando, alle altre fonti di emissione, si aggiunge il riscaldamento domestico. Danno luogo alle cosiddette "piogge acide".

pH
Misura del grado di acidità di una soluzione acquosa. Il pH dell'acqua è pari a 7, valori inferiori indicano una soluzione acida, valori superiori indicano una soluzione alcalina.

PIROSCISSIONE
Reazione di decomposizione per effetto dell'alta temperatura, di una molecola chimica. Ad esempio l'acido solforico ad alta temperatura (1000°C circa) si decompone producendo anidride solforosa.

POLICLOROBIFENILI (PCB)
Composti organici aromatici contenenti cloro, in massima parte impiegati come fluidi isolanti nei trasformatori elettrici. Sono altamente tossici e difficilmente degradabili.

POLVERI (SOSPESE)
Le polveri sospese (o particolato fine) sono costituite da particelle di dimensioni ridotte (molto meno di un millesimo di millimetro) da rimanere, anche per molto tempo, in sospensione in aria, prima di depositarsi al suolo. La composizione del particolato é molto varia (ad esempio, idrocarburi incombusti da motori diesel, idrocarburi pesanti parzialmente ossidati, metalli pesanti da impianti di combustione, ceneri vulcaniche, polveri, ecc.).

PORTATA
Potenzialità massima del forno espressa in termini di tonnellate/ora dei rifiuti alimentati al forno stesso.

POTERE CALORIFICO
E' la quantità di energia contenuta in un dato materiale (rifiuto), sviluppabile quando esso è sottoposto a combustione. Si distingue in Superiore (PCS) e Inferiore (PCI), a seconda che l'umidità contenuta nei fumi sia considerata, allo stadio finale di riferimento, allo stato liquido o vapore. Il rendimento di recupero è, di norma, riferito al PCI.

QUENCH
Rapido raffreddamento dei fumi di combustione ottenuto con iniezione di acqua attraverso spruzzatori. Ciò permette l'abbattimento della maggior parte delle polveri presenti nei fumi.

RECUPERO ENERGETICO
Utilizzazione dell'energia termica liberata in un processo di combustione di rifiuti, per la produzione di vapore da cedere a terzi o da sfruttare in un ciclo termico, per la produzione di energia elettrica.

RECUPERO DI MATERIA /RICICLAGGIO
Le operazioni di recupero consentono di valorizzare e riutilizzare come "materie prime secondarie" scarti di produzione o di consumo (es. plastica, vetro, carta, metalli ecc.). In particolare si distingue:

- il riutilizzo consente l'utilizzo del materiale di scarto (rifiuto) nello stesso ciclo di produzione o di consumo originario;
- il riciclaggio consente l'utilizzo dei materiali di scarto (rifiuti) in un ciclo produttivo o di consumo diverso da quello originario.

RENDIMENTO
Misura della efficacia del recupero energetico (termico o elettrico) espressa come rapporto fra l'energia recuperata e l'energia potenzialmente disponibile a monte di una trasformazione.

SCORIE (DA COMBUSTIONE)
Residuo solido derivante dalla combustione di un materiale ad elevato contenuto di inerti (frazione incombustibile). É il caso, ad esempio, delle scorie prodotte nella combustione del carbone, dette anche ceneri pesanti, o nell'incenerimento dei rifiuti solidi urbani. In particolare, le scorie di un processo di termodistruzione di rifiuti urbani, costituite dalla frazione incombustibile degli stessi, più una piccola percentuale di incombusti, rappresentano il 20-25% in peso e circa il 10% in volume dei rifiuti di partenza.

SECCO
Vedi frazione secca.

SISTEMA NON CATALITICO DI DEPURAZIONE DEGLI NO_x
Tecnologia per il controllo degli ossidi di azoto nelle emissioni gassose, che prevede l'iniezione di additivi (ammoniaca o urea) nella camera di combustione. La reazione avviene solo in una determinata finestra di temperatura (900-1000°C).

SOLIDIFICAZIONE/STABILIZZAZIONE
I contaminanti vengono legati fisicamente o inclusi entro una massa stabilizzata nel caso della solidificazione, mentre nel caso della stabilizzazione intervengono reazioni chimiche tra l'agente stabilizzante e il contaminante per ridurre la sua mobilità. La stabilizzazione implica una trasformazione radicale delle caratteristiche chimiche e fisiche di un rifiuto. La solidificazione agisce solo sulle caratteristiche fisiche del materiale.
Tale sistema di trattamento è particolarmente indicato per l'isolamento dei metalli dalle matrici ambientali circostanti. Infatti utilizzando silicati e in genere leganti idraulici questi, a seguito dei processi di presa, formano matrici solide, insolubili e termodinamicamente stabili che inglobano i metalli pesanti impedendone il loro rilascio nel tempo. (vedi anche inertizzazione).

SMALTIMENTO DEI RIFIUTI
Secondo la definizione del D.Lgs. n. 22/97, tale operazione include: deposito sul o nel suolo; trattamento in ambiente terrestre (ad esempio biodegradazione di rifiuti liquidi o fanghi nei suoli); iniezioni in profondità; lagunaggio; messa in discarica; scarico dei rifiuti solidi nell'ambiente idrico eccetto l'immersione; immersione, compreso il seppellimento nel sottosuolo marino; incenerimento a terra o a mare; deposito permanente (ad esempio, in una

miniera); altri trattamenti biologici; altri trattamenti fisico-chimici (ad esempio, evaporazione, essiccazione, calcinazione, ecc.); raggruppamento, deposito o ricondizionamento preliminare prima di una delle suddette operazioni.

SOLIDI SOSPESI TOTALI (SST)
Materiale, di qualsiasi natura, in sospensione. La presenza di solidi sospesi oltre determinati limiti, altera la normale trasparenza dell'acqua.

STOCCAGGIO DEI RIFIUTI
Deposito provvisorio o definitivo di rifiuti, effettuato previa autorizzazione degli organi statali competenti.

SEDIMENTAZIONE PRIMARIA / SECONDARIA
I sedimentatori sono costituiti da vasche circolari o rettangolari in cemento o in ferro, aventi il fondo leggermente inclinato verso una zona dove il fango sedimentato viene convogliato, mediante opportuni meccanismi raschiafanghi. L'operazione di sedimentazione può intervenire in diverse fasi del trattamento di depurazione; nella maggioranza dei casi le vasche di sedimentazione vengono installate all'inizio del processo di depurazione, per rimuovere i solidi di grigliatura e dissabbiatura (sedimentazione primaria), dopo i processi biologici, per separare il fango attivo (sedimentazione secondaria) e, infine, dopo le operazioni di coagulazione e flocculazione, per separare le sostanze chimiche sedimentate.

TKN (Total Kieldhal Nitrogen)
Misura della quantità totale di azoto contenuta nei reflui o rifiuti liquidi che l'impianto di depurazione è in grado di trattare. (vedi anche trattamento chimico fisico e biologico).

TORRE DI LAVAGGIO
Colonna in cui i fumi di combustione vengono in contatto in controcorrente con un liquido (acqua e acqua con soda) che assorbe gli inquinanti acidi (HCl; HF, SO_x).

TRATTAMENTO CHIMICO FISICO E BIOLOGICO / TRATTAMENTO BIOLOGICO
Insieme dei trattamenti artificiali che permettono di eliminare totalmente o parzialmente da un'acqua le sostanze inquinanti. Esistono numerosi trattamenti di depurazione e il loro impiego dipende dalle caratteristiche dell'acqua da depurare e dal grado di depurazione che si vuole raggiungere. Gli impianti di depurazione si possono differenziare, a seconda dei processi di funzionamento su cui si basano, in fisici, chimico-fisici e biologici.

UREA
É un composto organico, di formula chimica N_2H_4CO, solubile in acqua. Costituisce uno dei normali prodotti del metabolismo biologico, dove si forma per degradazione delle proteine. Negli usi industriali viene usata come fertilizzante o come reagente in alcuni processi chimici.

VETRIFICAZIONE
Processo di combustione ad alta temperatura (1300-1500 °C) in grado di fondere i residui inorganici non combustibili.

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili
ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

5 Gestione dei rifiuti

(Rigenerazione degli oli usati)

INDICE

E.3 Utilizzo termico degli oli usati

E.3.1 Utilizzo termico dell'olio usato senza alcun trattamento preliminare

E.3.2 Utilizzo dell'olio usato dopo trattamento chimico-fisico blando

E.3.3 Utilizzo termico dell'olio usato dopo trattamento chimico spinto (chimico o termico)

E.3.4 Utilizzo dell'olio usato per la gassificazione

E.4 Aspetti ambientali: i consumi (energetici, idrici, di materie prime)

E.5 Aspetti ambientali: emissioni (in atmosfera, negli scarichi idrici, termiche, sonore, da vibrazione)

E.6 Aspetti ambientali: produzione di rifiuti

E.7 Aspetti ambientali: analisi dei rischi

E.8 Migliori tecniche e tecnologie

F) Approfondimento, ove necessario, delle tecniche analizzate nei BREF comunitari e definizione, ove possibile, del range di prestazione delle diverse tecniche

G) Identificazione di eventuali tecniche alternative e definizione, ove possibile, del range di prestazione di tali tecniche

H) Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

I) Analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento elencate al punto precedente, anche con riferimento ai tempi di attuazione

J) Fattibilità economica delle tecniche elencate analizzata attraverso analisi costi-benefici

K) Definizione dei criteri di individuazione e utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

L) Glossario

L1 Definizioni

L2 Abbreviazioni e acronimi

Appendice 1

PREMESSA

Il presente documento riassume le proposte del Gruppo Tecnico Ristretto (GTR) sulla gestione dei rifiuti, istituito dalla Commissione Nazionale ex art. 3 comma 2 del D.Lgs. 372/99, nell'ambito delle attività inerenti la redazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
Il GTR risulta così costituito:

- dott.ssa Rosanna Laraia (APAT, coordinatore), designata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.
- dott. Fabrizio De Poli (MATT), designato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.
- dott. Marco Di Basilio (ISPESL) e dott.ssa Loredana Musmeci (ISS), designati dal Ministero della salute.
- ing. Giuseppe Di Masi, designato dal Ministero delle attività produttive.
- dott. Guido Morini e dott. Paolo Cesco designati da Confindustria.

Il documento è stato elaborato nell'ambito del sottogruppo " Impianti di rigenerazione degli oli usati" al quale ha partecipato, oltre a Rosanna Laraia, coordinatore del GTR, Vito Iaboni (ENEA).

Hanno collaborato ai lavori: Federico Foschini (APAT), Giorgio Atzeni (Federchimica – Assospecifici), Marco Micheli (Viscolube) e Viviana Minnucci (Viscolube).

A SCOPO E OBIETTIVI

Scopo del presente documento è quello di fornire alla Commissione ex art. 3, comma 2 del D.lgs 372/99 i dati e le informazioni necessarie all'emanazione del D.M. relativo alle condizioni per il rilascio dell'autorizzazione ambientale integrata istituita attraverso il recepimento della Direttiva IPPC con il sopraccitato decreto.

Le tecniche di trattamento degli oli lubrificanti usati sono individuate dalla Direttiva IPPC nell'ambito delle tecniche di trattamento di rifiuti pericolosi ed inserite nel documento Europeo sulle migliori tecniche disponibili "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries". A livello Comunitario i documenti denominati BRef (BAT Reference Document) si trovano a diversi gradi di elaborazione: documenti finiti per alcuni settori e documenti allo stato di *draft* per altri. Il BRef relativo al trattamento degli oli usati (Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries, di seguito "Waste Treatments BRef") è disponibile nella versione definitiva.

Il documento, partendo dall'inquadramento della normativa specifica del settore, illustra, sia livello globale che a livello nazionale, la gestione dell'olio usato a partire dalla fase di raccolta fino all'avvio degli oli usati alla rigenerazione. Si pone quindi l'obiettivo, partendo da un'analisi dettagliata delle situazione italiana, di fornire un quadro delle migliori tecniche disponibili di trattamento degli oli lubrificanti usati. La descrizione include dati relativi ai consumi, alle emissioni, in aria ed in acqua, alla produzione di rifiuti, ai costi, ai sistemi adottati per l'abbattimento/riduzione del potenziale inquinante.

In particolare vengono descritte, nel capitolo D, le tecniche adottate in Italia per la rigenerazione. Le stesse tecniche associate e composte nelle varie filiere produttive sono poi connotate con i fattori caratteristici che forniscono indicazioni sulle performances in termini di efficienza ambientale; tali fattori caratteristici sono riportati nel capitolo C.

Al capitolo E è, invece, riportata in sintesi l'analisi del settore degli oli usati tratta dal documento Comunitario.

Al capitolo F verranno caratterizzate le filiere principali della rigenerazione presenti in Italia in termini di rese.

Al capitolo G è riportata la panoramica di tecniche alternative a quelle adottate in Italia, ma presenti in altre nazioni. Per tali tecniche vengono espresse alcune considerazioni di merito.

Nei capitoli H, I e J vengono, infine, riportate considerazioni in merito alla selezione delle migliori tecniche in base alle performances, alla applicabilità ed in base ad analisi economiche.

Nel capitolo K vengono riportati quelli che sono i criteri adottati per la trattazione e selezione delle tecniche descritte nel dettaglio nel documento.

Riguardo alla definizione delle BAT, in particolare, si intende qui evidenziare (argomento che sarà discusso più in dettaglio in seguito) che la loro applicabilità non può risultare di carattere generale, essendo fortemente influenzata da una serie di parametri quali le caratteristiche degli oli da trattare, le tecnologie in uso, e, le condizioni locali nel quale lo specifico impianto è installato.

A questo riguardo di particolare rilevanza risulta essere l'aspetto relativo all'analisi costi-benefici delle BAT individuate, che assume un significato molto ampio che deve includere i costi ed i benefici sia per gli Operatori che per la collettività.

La fattibilità economica sia in sede di definizione che di valutazione, deve essere effettuata caso per caso, in quanto essa non può prescindere da fattori locali (ambientali, gestionali, territoriali, economici e sociali) e dalle caratteristiche riguardanti l'azienda (es.: dimensioni ed età dell'impianto).

Nello spirito di "linea guida" si ritiene che nel presente documento possano essere fornite a riguardo solo indicazioni di carattere generale, che dovranno essere oggetto di verifica quantitativa di dettaglio a livello di singolo impianto, inserito in una specifica realtà locale.

B IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE RILEVANTE DI SETTORE

Di seguito, viene riportato un elenco non esaustivo della normativa comunitaria e nazionale in tema di gestione dei rifiuti e di riduzione dell'impatto sull'ambiente che può presentare risvolti sul settore del trattamento dei rifiuti.
L'elenco riportato non ha alcuna pretesa di completezza e non può pertanto costituire un riferimento da adottare nei procedimenti autorizzativi, anche alla luce del fatto che esso non include la normativa regionale, alla quale occorre attenersi per l'esercizio degli impianti.

Normativa Comunitaria
Direttiva 76/769/CEE del 27 luglio 1976 *concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 84/360/CEE del 28 giugno 1984 *concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.*
Direttiva 85/467/CE del 1° ottobre 1985 *recante sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di ammissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 89/369/CEE dell'8 giugno 1989 *sulla prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 89/429/CEE del 21 giugno 1989 *sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti esistenti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 91/689/CEE del 12 dicembre 1991 *relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 91/692/CEE del 23 dicembre 1991 *per la standardizzazione e la razionalizzazione delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente.*
Reg. (CEE) n. 793/93 del 23 marzo 1993 "*Valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
Reg. (CEE)n. 1488/94 del 28 giugno 1994 "*Principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, a norma del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio*".
Direttiva 94/31/CE del 27 giugno 1994 *che modifica la Direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 94/62/CE del 25 novembre 1994 *sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio.*
Direttiva 94/67/CE del 16 dicembre 1994 *sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi.*
Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 *sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.*
Decisione 96/350/CE del 24 maggio 1996 *che adatta gli allegati IIA e IIB della Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti.*
Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996 *relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose* (Seveso BIS).
Direttiva 96/59/CE del 16 settembre 1996 *concernente lo smaltimento dei Policlorodifenili e dei Policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Risoluzione 97/76/CEE del 24 febbraio 1997 *Strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti.*
Direttiva 99/31/CE del 26 aprile 1999 *relativa alle discariche dei rifiuti.*

Regolamento (CE) n. 2037/2000 *sulle sostanze che riducono lo strato di ozono.*
Decisione 2000/532/CE del 3 maggio 2000 *che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art.1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 2000/53/CE del 18 settembre 2000 *relativa ai veicoli fuori uso.*
Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 *che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque*
Direttiva 2000/59/CE del 27 novembre 2000 *relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico.*
Direttiva 2000/76/CE del 4 dicembre 2000 *relativa all'incenerimento dei rifiuti.*
Decisione 2001/68/CE del 16 gennaio 2001 *che definisce i parametri relativi ai PCB ai sensi dell'articolo 10, lettera a) della direttiva 96/59/CE concernente lo smaltimento dei policlorobifenili e policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Direttiva 2001/58/CE del 27 luglio 2001 *che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza).*
Direttiva 2001/77/CE del 27 settembre 2001 *sulla promozione dell' energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili C dell' elettricità.*
Decisione 2001/118/CE del 16 gennaio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti istituito dalla Decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/119/CE del 22 gennaio 2001 *che modifica la Decisione 2000/532/CE che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art. 1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*
Decisione 2001/573/CE del 23 luglio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/753/CE del 17 ottobre 2001 *relativa al questionario che gli Stati membri devono utilizzare per le loro relazioni sull'attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/151/CE del 19 febbraio 2002 *relativa ai requisiti minimi per il certificato di rottamazione rilasciato ai sensi dell'art. 5, paragrafo 3 della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/358/CE del 25 aprile 2002 *riguardante l'approvazione, a norma della Comunità europea, del Protocollo di Kyoto allegato alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e l'adempimento congiunto dei relativi impegni.*
Decisione 2002/525/CE del 27 giugno 2002 *che modifica l'allegato II della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/1600/CE del 22 luglio 2002 *che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente.*
Decisione 2002/909/CE del 13 novembre 2002 *relativa alle norme italiane che dispensano dagli obblighi di autorizzazione gli stabilimenti o le imprese che*

provvedono al recupero dei rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 3 della direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.
Regolamento (CE) n. 2150/2002 del 25 novembre 2002 *relativo alle statistiche sui rifiuti.*
Decisione 2003/33/CE del 19 dicembre 2002, *che stabilisce criteri e procedure per l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi dell'articolo 16 e dell'allegato II della direttiva 1999/31/CE.* **Direttiva 2002/95/CE del 27 gennaio 2003** *sulla restrizione d'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Direttiva 2002/96/CE del 27 gennaio 2003 *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Decisione 2003/138/CE del 27 febbraio 2003 *che stabilisce norme di codifica dei componenti e dei materiali per i veicoli a norma della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Direttiva 2003/87/CE del 13 ottobre 2003 *che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra nelle Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE.*
Direttiva 2003/108/CE dell'8 dicembre 2003 *che modifica la direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAAE).*
Comunicazione della Commissione Europea del 27 maggio 2003, *Verso una Strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti* - Com(2003)301 definitivo.
Decisione 2004/156/CE del 29 gennaio 2004 *che istituisce le linee guida per il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della direttiva 2003/87/CE.*
Decisione 2004/280/CE dell'11 febbraio 2004 *relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a affetto serra nella Comunità e per attuare il Protocollo di Kyoto.*
Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004 *che modifica la direttiva 94/62/CE in materia di imballaggi e rifiuti di imballaggio.*
Decisione 2004/249/CE dell' 11 marzo 2004 *relativa al questionario ad uso degli stati membri sull'attuazione della direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Decisione 2004/279/CE del 19 marzo 2004 *concernente orientamenti per l' attuazione della direttiva 2002/03/CE relativa all' ozono nell' aria.*
Regolamento 2005/782/CE del 24 maggio 2005 *che stabilisce il formato per la trasmissione dei risultati delle statistiche sui rifiuti*
Regolamento 2005/1445/CE del 5 settembre 2005 *che definisce gli opportuni criteri di valutazione della qualità e i contenuti delle relazioni sulla qualità delle statistiche sui rifiuti ai fini del regolamento (CE) n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio*
Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005 *"Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"*- Com(2005)666 definitivo.
Direttiva 2006/12/CE del 5 aprile 2006 *relativa ai rifiuti*
Regolamento 2006/1013/CE del 14 giugno 2006 *relativo alle spedizioni di rifiuti*

Normativa Nazionale
Normativa generale sui rifiuti e sugli impianti di trattamento rifiuti

Deliberazione del Comitato interministeriale 27 luglio 1984 *Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del decreto del Presidente della Repubblica* **10 settembre 1982 n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti**

D.Lgs 27 gennaio 1992, n. 99 *"Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura"*

Legge 28 dicembre 1993, n. 549 "*Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente*" (come modificata dalla **legge 16 giugno 1997, n. 179**).

D.M. 29 ottobre 1997 "*Approvazione statuto CONAI*".

D.M. 5 febbraio 1998 "*Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli artt.31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22*".

D.M. 28 aprile 1998, n. 406 "*Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti*"

D.M. 15 luglio 1998 "*Approvazione statuti consorzi di filiera*".

D.M. 1 aprile 1998, n. 145 "*Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli artt.15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del D.Lgs. 22/97*".

D.M. 1 aprile 1998, n. 148 "*Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli artt. 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4 del D.Lgs. 22/97*".

D.M. 4 agosto 1998, n. 372 "*Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti*"

D.M. 3 settembre 1998, n. 370 "*Regolamento recante le norme concernenti le modalità di prestazione della garanzia finanziaria per il trasporto transfrontaliero dei rifiuti*".

Legge 9 dicembre 1998, n. 426 "*Nuovi interventi in campo ambientale*"

Legge 25 febbraio 2000, n. 33 "*conversione in legge con modificazioni del D.L. 30 dicembre 1999, n. 500 recante disposizioni urgenti concernenti la proroga di termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB nonché l'immediata attuazione di risorse finanziarie necessarie all'attivazione del protocollo di Kyoto*".

Legge 23 marzo 2001, n. 93 "*Disposizioni in campo ambientale*".

Legge 20 agosto 2001, n. 335 "*Conversione in legge del DL 16 luglio 2001, n. 286 recante differimento di termini in materia di smaltimento rifiuti*".

Legge 31 ottobre 2001, n. 399 "*Istituzione di una Commissione parlamentare di inchiesta sul ciclo dei rifiuti*".

Legge 21 dicembre 2001, n. 443 "*Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive*".

Direttiva Ministero dell'ambiente e tutela del territorio 9 aprile 2002 "*Indicazioni per la piena e corretta applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti*".

D.M. 12 giugno 2002, n. 161 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 22/97, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate*".

Legge 31 luglio 2002, n. 179, "*Disposizioni in materia ambientale*" (Collegato ambientale alla Finanziaria 2002).

DPCM 24 dicembre 2002 *Approvazione del nuovo modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2003*
D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 "*Attuazione della Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti*".
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 182, "*Attuazione della direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi ed i residui del carico*".
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 209, "*Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso*".
D.M. 8 maggio 2003, n. 203, "*Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30 % del fabbisogno medesimo*" (Green Public Procurement).
D.P.R. 15 luglio 2003, n. 254 "*Regolamento recante disciplina della gestione dei rifiuti sanitari a norma dell'articolo 24 della legge 31 luglio 2002, n. 179*".
Legge 31 ottobre 2003, n. 306 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee*" (Legge Comunitaria 2003).
D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell' elettricità*".
Legge 15 dicembre 2004, n. 308 "*Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione*"
DPCM 22 dicembre 2004 "*Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2005 - cap. 1 sezione veicoli a fine vita o fuori uso*".
D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133 "*Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti*".
D.Lgs. 25 luglio 2005, n. 151 "*Attuazione della direttiva 2002/95/CE, della direttiva 2002/96/CE e della direttiva 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti*".
D.M. 3 agosto 2005 "*Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica*".
D.M. 17 novembre 2005, n. 269 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi provenienti dalle navi, che è possibile ammettere alle procedure semplificate*"
D.Lgs 23 febbraio 2006, n. 149 "*Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs 24 giugno 2003, n. 209, recante attuazione della direttiva 2000/53/CE in materia di veicoli fuori uso*".
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 "*Norme in materia ambientale*" , *parte IV*
Decreto 5 aprile 2006, n.186 " *Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22"*
D. Lgs 29 aprile 2006, n. 217 "*Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti*".
Decreto 5 maggio 2006 "*Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili*"

Inquinamento atmosferico e contenimento emissioni
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a*

specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 18".

D.P.C.M. 21 luglio 1989 "*Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali*".

D.M. 12 luglio 1990 "*Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione*".

D.P.R. 25 luglio 1991 "*Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989*".

Legge 15 gennaio 1994, n. 65 "*Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992*".

D.M. 15 aprile 1994 "*Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 24 maggio 1991*".

D.M. 21 dicembre 1995 "*Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali*".

D.M. 19 novembre 1997, n. 503 "*Regolamento recante norme per l'attuazione delle Direttive CEE 89/369 e 89/ 429 concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari*".

D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351 "*Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente*".

D.M. 25 agosto 2000 "*Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203*".

D.M. 4 giugno 2001 "*Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337*".

D.P.C.M. 8 marzo 2002 "*Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione*".

D.M. 2 aprile 2002, n. 60 "*Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio*".

Legge 1° giugno 2002, n. 120 "*Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997*".

D.M. 20 settembre 2002 "*Attuazione dell'articolo 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico*".

Decreto 16 gennaio 2004, n. 44 "*Recepimento della direttiva 1999/13/CE relativo alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali ai sensi dell' art. 3, comma 2, del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203*".

Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171 "*Attuazione della direttiva 2001/81/Ce relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici*"

D.Lgs 21 maggio 2004, n. 183 *"Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria".*
D.M. 26 gennaio 2005 *"Istituzione presso la Direzione generale per la salvaguardia ambientale del comitato tecnico previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171"*

Tutela delle risorse idriche
Legge 11 novembre 1996. n. 574 "*Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari".*
D.M. 23 marzo 2000 recante "*Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico".*
D.M. 28 luglio 2004 *"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152".*
D.M. 12-6-2003 n. 185 *"Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*
D.M. 6 luglio 2005 *"Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152"*
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale" , parte III*

Valutazione Impatto Ambientale e IPPC
Legge 8 luglio 1986, n. 349 "*Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 "*Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 27 dicembre 1988 "*Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377*".
D.P.R. 12 aprile 1996 "*Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale*".
D.P.R. 11 febbraio 1998 "*Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6*".
D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348 "*Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere*".
D.P.C.M. 3 settembre 1999 "*Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale*".
D.M. 23 novembre 2001 "*Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372*" (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES).

D.M. 26 aprile 2002 "*Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999*".

Legge 1° marzo 2002, n. 39 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee*" (Legge Comunitaria 2002).

D.M. 19 novembre 2002 "*Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999*".

D.L. 24 dicembre 2003, n. 355 così come convertito con modificazioni in **legge 27 febbraio 2004, n.47** "*Proroga di termini previsti da disposizioni legislative*".

D.M. 1° aprile 2004 *"Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale"*.

D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 "*Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento*" (IPPC).

Sicurezza e Igiene del Lavoro

D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547 "*Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*".

D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 "*Norme generali per l'igiene del lavoro*".

Legge 5 marzo 1990, n. 46 *"Norme per la sicurezza degli impianti"*.

D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447 *"Regolamento di attuazione della legge 46/90 in materia di sicurezza degli impianti"*.

D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 "*Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".

D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 "*Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale*".

D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242 "*Modifiche ed integrazioni al Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante l'attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".

D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493 *"Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro"*.

D.M. 10 marzo 1998 "*Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro*".

D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 66 *"Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro" (TITOLO VII del D.Lgs. 626/94).*

D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25 *"Attuazione della direttiva 1998/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro"*.

D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233 "*Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive*" (TITOLO VIII-bis del D.Lgs. 626/94).

D.Lgs. 23 giugno 2003, n. 195 *"Capacità e requisiti professionali richiesti agli addetti ed ai responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori"*.

D.Lgs. 8 luglio 2003, n. 235 *"Requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori"*.

D.M. 26 febbraio 2004 *"Definizione di una prima lista di valori limite indicativi di esposizione professionale agli agenti chimici"*.
D.M. 3 novembre ***2004*** *"Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio"*.
D.Lgs.19 agosto 2005, n. 187 *"Attuazione della direttiva 2002/44/Ce sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche"*.

Inquinamento acustico
D.P.C.M. 1° marzo 1991 "*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*".
Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "*Legge quadro sull'inquinamento acustico*".
D.M. 11 dicembre 1996 "*Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo*".
D.P.C.M. 14 novembre 1997 "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*".
D.M. 16 Marzo 1998 "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*".
D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 *"Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto"*.
D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194 *"Attuazione della direttiva 2002/49/Ce relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale"*.

Sostanze pericolose
R.D. 18 giugno 1931, n. 773 "*Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza*".
D.M. 3 dicembre 1985 "*Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delleComunità europee*".
D.M. del 23 febbraio 1988, n. 84 "*Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi*".
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 216 "*Attuazione della direttiva CEE 85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 76/769 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183*".
D.M. 11 febbraio 1989 "*Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB*".
D.M. 17 gennaio 1992 "*Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT)*".
D.M. 29 luglio 1994 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 89/677, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 febbraio 1994, n. 146*".
D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52 "*Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".

D.M. 4 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza*".

D.M. 28 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".

D.M. 12 agosto 1998 "*Recepimento delle direttive 94/60/CE, 96/55/CE, 97/10/CE, 97/16/CE, 97/56/CE e 97/64/CE recanti modifiche alla direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi* ".

D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 174 "*Disciplina sanzionatoria per le violazioni delle disposizioni del regolamento (CEE) n. 793/93 relativo alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".

D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 209 "*Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili*".

D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334 "*Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose*".

D.M. 26 gennaio 2001 "*Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva 2000/32/CE*".

D.M. 11 aprile 2001 "*Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose*".

D.M. 11 ottobre 2001 *"Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento"*.

D.M. 7 settembre 2002 "*Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio*".

D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65 "*Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi*".

D.M. 18 marzo 2003, n. 101 ***"Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della L. 23 marzo 2001, n. 93".***

D.M. 5 febbraio 2004 *"Modalità ed importi delle garanzie finanziarie che devono essere prestate a favore dello Stato dalle imprese che effettuano le attività di bonifica dei beni contenenti amianto"*.

D.M. 3 luglio 2003, n. 194 *"Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE del 22 dicembre 1998 della Commissione, che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE del Consiglio relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose"*.

D.Lgs. 25 luglio 2006, n. 257 *"Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro"*

Oli usati

DPR 23 agosto 1982, n. 691 *"Attuazione della Direttiva n. 75/439/CEE relativa alla eliminazione degli oli usati (G.U. 30 settembre 1982, n.270)."*

D.lgs. 27 gennaio 1992, n. 95 *"Attuazione delle direttive 75/439/CEE e 87/101/CEE relative alla eliminazione degli oli usati. (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1992, S.O.)."*

DM 17 febbraio 1993 *"Modalità e termini di accertamento, riscossione e versamento del contributo dovuto dalle imprese partecipanti al Consorzio Obbligatorio degli Oli Usati. (G.U. n. 64 del 18 marzo 1993)."*

DM 16 maggio 1996, n. 392 *"Regolamento recante norme tecniche relative alla eliminazione degli oli usati."*

DM 17 settembre 1996, n. 557 *"Regolamento recante norme per disciplinare l'applicazione dell'imposta di consumo sugli oli lubrificanti e su taluni prodotti analoghi nonché l'imposta sui bitumi."*

D.P.C.M. 7 settembre 2001, n. 395 *"Recepimento della direttiva 99/ 32/ CE relativa alla riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi (G.U. n. 255 del 2 novembre 2001)."*

L 27 febbraio 2002, n. 16 *"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 dicembre 2001, n. 452, recante disposizioni urgenti in tema di accise, di gasolio per autotrazione, di smaltimento di oli usati, di giochi e scommesse, nonché sui rimborsi IVA. (*G.U. n. 49 del 27 febbraio 2002*)."*

C) RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE SPECIFICITÀ DEL TESSUTO INDUSTRIALE NAZIONALE

La gestione degli oli usati è affidata in Italia al COOU, istituito con il DPR 691/82 e successivamente regolamentato con il D.lgs. 95 del 1992 ed il DM 392 del 1996.

Il COOU svolge le seguenti attività:

- promuove la sensibilizzazione dell'opinione pubblica sulle tematiche della raccolta e dell'eliminazione degli oli usati;
- assicura ed incentiva la raccolta degli oli usati ritirandoli dai detentori e dalle imprese autorizzate;
- seleziona gli oli usati raccolti ai fini della loro corretta eliminazione;
- cede gli oli usati alle imprese autorizzate alla loro eliminazione;
- garantisce ai rigeneratori, nei limiti degli oli usati rigenerabili raccolti e della produzione dell'impianto, i quantitativi di oli usati richiesti a prezzo equo e comunque non superiore al costo diretto della raccolta.

Ogni anno in Italia vengono immesse al consumo circa 600.000 tonnellate di olio lubrificante, da cui il COOU stima residuino circa 200.000 tonnellate di oli usati.

L'organizzazione di raccolta è attualmente costituita da 76 soggetti, tra concessionari collegati al COOU e raccoglitori autorizzati, dislocati in tutte le regioni d'Italia che effettuano la raccolta degli oli presso i detentori ed il trasporto finalizzato allo stoccaggio nei propri depositi. Al raggiungimento di un quantitativo pari ad un'autobotte (circa 26-30 t) essi procedono alla consegna dell'olio usato presso i depositi di stoccaggio del COOU ("Depositi Consortili").

L'olio usato consegnato dai raccoglitori presso i depositi viene sottoposto ad analisi di laboratorio per poter procedere alla sua classificazione. Tale classificazione serve a determinare la tipologia di olio e di conseguenza ad individuare la corretta destinazione: smaltimento o recupero.

Di seguito, facendo riferimento al D.M. 392/96, sono riportati i parametri da sottoporre ad analisi, i metodi di analisi e valori di riferimento sia per gli oli usati da sottoporre a rigenerazione e a combustione (tabb. C.1 e C.2), sia per le miscele oleose denominate emulsioni (tabella C.3).

Tabella C.1 – Oli usati destinati a rigenerazione (Tabella 3 - Allegato A – D.M. 392/96)*

Parametri	Metodi		U.M.	Valori
Acqua	NOM 7-70	ASTM D 95	% peso	max 15
Densità a 15 °C	NOM 42-83	ASTM D 1298	kg/l	max 0,920
Sedimenti totali	NOM 112-71	ASTM D 2273	% peso	max 3,0
Viscosità	NOM 46-71	ASTM D 445	°E a 50°C	min. 1,8
PCB/PCT	CEI 10/19	ASTM D 4059/95	mg/kg	max 25
Cloro totale	NOM 98-72	ASTM D 1317	% peso	max 0,5
Zolfo	NOM 97-80	ASTM D 1552	% peso	max 1,50
Diluenti	NOM 39-90	ASTM D 322	% volume	max 5,0
Piombo + Zinco	IRSA 64 (N° 20, vol. 3, pag. 10)		mg/kg	max 4.000
Cadmio+Cromo+Nichel+Vanadio	IRSA 64 (N° 20, vol. 3, pag. 10)		mg/kg	max 50
N° Neutralizzazione**	NOM 86-88	ASTM D 664	mg KOH/g	max 3,5
N° Saponificazione**	NOM 81-71	ASTM D 94	mg KOH/g	max 18,0

Note:

* Parametri da sottoporre ad analisi, metodi di analisi e valori minimi massimi di riferimento per il trattamento di oli usati tramite rigenerazione.

** Determinazioni da eseguirsi sul campione dopo aver proceduto alla perdita per riscaldamento (ASTM D 3607).

Tabella C.2 – Oli usati destinati a combustione (Tabella 4 - Allegato A – D.M. 392/96)*

Parametri	Metodi		U.M.	Valori
Acqua	NOM 7-70	ASTM D 95	% peso	max 15
Densità a 15 °C	NOM 42-83	ASTM D 1298	kg/l	max 0,980
Sedimenti totali	NOM 112-71	ASTM D 2273	% peso	max 3,0
PCB/PCT	CEI 10/19	ASTM D 4059/95	mg/kg	max 25
Punto di infiammabilità (Cleveland)	NOM 83-71	ASTM D 92	°C	min. 90
Cadmio+Cromo+Nichel+Vanadio	IRSA 64 (N° 20, vol. 3, pag. 10)		mg/kg	max 100
Piombo	IRSA 64 (N° 20, vol. 3, pag. 10)		mg/kg	max 2.000
Rame	IRSA 64 (N° 20, vol. 3, pag. 10)		mg/kg	max 500
Cloro Totale	NOM 98-72	ASTM D 1317	% peso	max 0,6
Fluoro**	NOM 98-72	ASTM D 1317	mg/kg	tracce
Zolfo	NOM 97-80	ASTM D 1552	% peso	max 1,50
Ceneri	NOM 12-88	ASTM D 482	% peso	max 1,50

Note:

* Parametri da sottoporre ad analisi, metodi di analisi e valori massimi e minimi di riferimento per il trattamento di oli usati tramite combustione.

** Con elettrodo selettivo.

Tabella C.3 – Miscele oleose, comprese le emulsioni, eliminate tramite combustione (Tabella 5 - Allegato A – D.M. 392/96)*

Parametri	Metodi		U.M.	Valori
Densità a 15 °C	NOM 42-83	ASTM D 1298	kg/l	max 0,980
PCB/PCT	CEI 10/19	ASTM D 4059/95	mg/kg	max 25
Cloro Totale	NOM 98-72	ASTM D 1317	% peso	max 0,6
Diluenti	NOM 39-90	ASTM D 322	% volume	max 5
Fluoruri	NOM 98-72	ASTM D 1317	mg/kg	tracce
Zolfo	NOM 97-80	ASTM D 1552	% peso	max 1,50
Ceneri	NOM 12-88	ASTM D 482	% peso	max 1,50
Cadmio+Cromo+Nichel+Vanadio	IRSA 64 (N° 20, vol. 3, pag. 10)		mg/kg	max 100
Piombo	IRSA 64 (N° 20, vol. 3, pag. 10)		mg/kg	max 2.000
Rame	IRSA 64 (N° 20, vol. 3, pag. 10)		mg/kg	max 500
PII				min 5
% Olio	NOM 7-70	ASTM D 95		Riportare dato
Sedimenti totali	NOM 112-71	ASTM D 2273	% peso	Riportare dato

Note:

* Parametri da sottoporre ad analisi, metodi di analisi e valori massimi e minimi di riferimento per il trattamento di oli usati tramite combustione.

C1 Dati sulla produzione

Il COOU utilizza una propria classificazione interna per distinguere le diverse tipologie di olio usato. La quantità di olio usato conferito nel corso del 2002 e la relativa classificazione si evincono dalla tabella C1.1.

Tabella C1.1 – Classificazione interna e conferimento dell'olio usato al COOU - 2002

Codice	Descrizione	Quantità (t)	%
01	Olio usato scuro rigenerabile	158.957	83,9
02	Olio usato ex trasformatori rigenerabile	3.781	2,0
03/13	Olio usato scuro riutilizzabile per combustione	19.213	10,1
04	Olio usato a termodistruzione	284	0,1
06	Olio usato ex idraulico rigenerabile	7.261	3,8
	Totale oli usati	**189.496**	**100**

Fonte: COOU

Tali categorie forniscono un'indicazione del tipo di trattamento che tali oli subiscono:

- Gli oli rigenerabili sono ceduti alle raffinerie, tale destinazione deve essere prioritaria, come previsto dalla normativa vigente.
- Gli oli usati riutilizzabili per combustione, non essendo qualitativamente adatti per la rigenerazione, vengono inviati a combustione presso impianti idonei.
- Gli oli usati le cui caratteristiche li rendono inidonei sia per la rigenerazione che per la combustione, vengono smaltiti tramite termodistruzione.

Va precisato che i quantitativi riportati nella precedente tabella fanno riferimento all'olio usato "conferito" (effettivamente ceduto) al COOU. Tale dato potrebbe scostarsi dal valore dell'olio usato "raccolto", ovvero la totalità di olio usato prelevato dai raccoglitori autorizzati presso i produttori. Tale olio può a sua volta essere conferito al COOU o inviato direttamente presso impianti autorizzati al suo trattamento, non rientrando, in quest'ultimo caso, nelle statistiche relative ai quantitativi di "olio usato conferito" al COOU.

Il codice 03/13 viene abitualmente attribuito all'olio usato che, a seguito delle analisi condotte, non è classificato come rigenerabile ma è tuttavia riutilizzabile tramite combustione.

La legge prevede infatti che laddove la rigenerazione non sia tecnicamente, economicamente ed organizzativamente conveniente, il recupero di energia avvenga tramite combustione.

Per le caratteristiche di tale olio vedere le tabelle C.2 (capitolo C) e C1.3 (paragrafo C1).

Attualmente l'olio usato riutilizzabile tramite combustione viene venduto in prevalenza ai cementifici come combustibile. Nel concreto, la combustione avviene in forni industriali capaci di neutralizzare i componenti inquinanti mediante reazioni chimiche complesse con la massa del prodotto in cottura e liberando nell'atmosfera emissioni controllate. Il potere calorifico di tale prodotto è pari a circa 9.500 kcal/kg.

Tali impianti sono autorizzati secondo quanto previsto dal D.Lgs.133/05 che fornisce la definizione degli impianti di coincenerimento: *"Qualsiasi impianto, fisso o mobile, la cui funzione principale consiste nella produzione di energia o di materiali e che utilizza rifiuti come combustibile normale o accessorio o in cui i rifiuti sono sottoposti a trattamento termico ai fini dello smaltimento. La definizione include il sito e l'intero impianto, compresi le linee di coincenerimento, la ricezione dei rifiuti in ingresso allo*

stabilimento e lo stoccaggio, le installazioni di pretrattamento in loco, i sistemi di alimentazione dei rifiuti, del combustibile ausiliario e dell'aria di combustione, i generatori di calore, le apparecchiature di trattamento, movimentazione e stoccaggio in loco delle acque reflue e dei rifiuti risultanti dal processo di coincenerimento, le apparecchiature di trattamento degli effluenti gassosi, i camini, i dispositivi ed i sistemi di controllo delle varie operazioni e di registrazione e monitoraggio delle condizioni di coincenerimento".

In particolare, per essere autorizzati, devono soddisfare le seguenti condizioni:

- gli oli usati e le miscele oleose siano conformi a determinati requisiti prescritti nel citato D.Lgs.133/05;
- la potenza termica nominale della singola apparecchiatura dell'impianto in cui sono alimentati gli oli usati come combustibile sia pari o superiore a 6 MW;
- i bruciatori e gli iniettori di oli usati siano installati ed i rifiuti stessi siano aggiunti in modo tale da garantire il più completo livello di incenerimento possibile.

Suddividendo e analizzando l'andamento della raccolta nelle varie regioni (tabella C1.2) è possibile fare le seguenti considerazioni:

- Nel Nord è prevalente il settore industriale, mentre nel Centro e nel Sud sono più diffusi il settore dei servizi e dell'agricoltura.
- La raccolta degli oli usati è notevolmente superiore nelle regioni del Nord, in particolare Emilia Romagna, Veneto, Lombardia e Piemonte da sole incidono per oltre il 50% sulle quantità raccolte.

Tabella C1.2 – Raccolta degli oli usati per macro-aree

Conferimenti	1998 (kt)	1999 (kt)	2000 (kt)	2001 (kt)	2002 (kt)
Nord	102,6	106,8	107,4	113,4	110,6
Centro + Sardegna	38,8	39,1	39,3	42,5	40,8
Sud	35,7	36,5	36,2	36,5	38,1
Totale	**177,1**	**182,4**	**182,9**	**192,4**	**189,5**

Fonte: COOU – Rapporto Ambientale 2002

La raccolta nelle macro-aree mostra un andamento complessivamente stabile con una crescita tra il 1998 e il 2002 più consistente al nord (+ 7%), e pari rispettivamente al 5% e al 6% nel Centro e nel Sud. Gli oli usati destinati alla combustione hanno subito una contrazione dell'11% dovuta soprattutto al minor conferimento di fondami. In crescita invece il conferimento degli oli usati rigenerabili ex-trasformatori e chiari con un incremento pari a circa 9,8%.

Le diverse categorie merceologiche sono identificate dai seguenti parametri riportati nella tabella C1.3 seguente:

Tabella C1.3 – Categorie merceologiche degli oli usati

Metodo di analisi	U.M.	Oli usati rigenerabili			Oli usati per combustione	
		Scuri cod. 01	Ex. Trasf. Cod. 02	Chiari cod. 6	Scuri cod. 03	Scuri cod. 13
Contenuto in acqua (1) NOM 7-70 ASTM D 95	% peso	max 15	max 2	max 10	max 15	max 15
Densità a 15 °C (P. tal quale NOM 42-83 ASTM D 1298 (1)	kg/L	max 0,920	max 0,895	max 0,900	max 0,980	max 0,980
Sedimenti totali (1) NOM 112/71 ASTM D 2273	% peso	max 3	max 0,5	max 0,5	max 3	max 3
Viscosità (1) NOM 46-71 ASTM D 445	°E a 50°C	min 1,8	max 2	min 2,1	--	--
PCB/PCT (1) CEI 10/19 ASTM D 4059	ppm	max 25	max 25	max 25	max 25	max 25
Cloro totale (1) NOM 98-72 ASTM D 1317	% peso	max 0,5	max 0,2	max 0,5	max 0,6	max 0,6
Zolfo (1) NOM 97-80 ASTM D 1552	% peso	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5
Diluenti (1) NOM 39-90 ASTM D 322	% volume	max 5	max 3,5	max 5	--	--
Piombo + zinco (1) IRSA 64, Vol. 3, N° XX, Pag. 10	mg/kg	max 4.000	max 4.000	max 4.000	--	--
Cd+Cr+Ni+V (1) IRSA 64, Vol.3, N° XX, Pag. 10	mg/kg	max 50	max 50	max 50	max 100	max 100
Vanadio IRSA 64, Vol. 3, N° XX, Pag. 10	mg/kg	--	--	--	max 10 (4)	--
Numero di neutralizzazione (1) NOM 86-88 ASTM D 664 (2)	mg KOH/g	max 3,5	max 3,5	max 3,5	--	--
Numero di saponificazione (1) NOM 81-71 ASTM D 94 (2)	mg KOH/g	max 18	max 15	max 18	--	--
Punto d'infiammabilità (1) NOM 83-71 ASTM D 92	°C	--	--	--	min 90	min 90
Piombo (1) IRSA 64, Vol. 3, N° XX, Pag. 10	mg/kg	--	- -	--	max 2.000	max 2.000
Rame (1) IRSA 64, Vol. 3, N° XX, Pag. 10	mg/kg	--	--	--	max 500	max 500
Fluoro (1) NOM 98-72 ASTM D 1317 (3)	ppm	--	--	--	tracce	tracce
Ceneri (1) NOM 12-88 ASTM D 482	% peso	--	--	--	max 1,5	max 1,5
Colore ASTM D 1500	--	--	max 8	max 8	--	--

Note:
(1) Parametri contemplati dal D.lgs.95/92 e dal Decreto Ministero Industria N° 392/1996.
(2) Dopo perdita di riscaldamento (ASTM D 3607).
(3) Con elettrodo selettivo.
(4) Limite COOU.

Per quanto riguarda le emulsioni oleose esauste, sono classificate come tali gli oli usati che abbiano un contenuto di acqua superiore al 15% in peso. Va inoltre aggiunto che il COOU, pur mantenendo il controllo sulle quantità smaltite e sulle modalità di smaltimento, tramite le comunicazioni ricevute con sistematicità dai raccoglitori, non è impegnato nelle sue operazioni di ricezione ed eliminazione. Oltre i quantitativi esigui conferiti al COOU le emulsioni, infatti, seguono generalmente un percorso parallelo a quello degli oli usati. Il detentore conferisce l'emulsione al raccoglitore autorizzato pagando lo smaltimento che, in genere, viene realizzato in impianti autorizzati costituiti per lo più da cementifici.

Le emulsioni prodotte in un anno e utilizzate prevalentemente come refrigerante nel taglio metalli ammontano a circa 200.000 tonnellate.

L'olio contenuto nelle emulsioni, stimato nel 2002 in circa 15.000 tonnellate, costituisce una percentuale significativa, pari a circa il 10%, dell'olio usato raccolto dal COOU. A tale quantità va aggiunto l'olio intero che entra nel circuito di smaltimento delle emulsioni a causa di rotture accidentali di impianti che possono verificarsi ad esempio nell'industria meccanica e della lavorazione dei metalli.

Dalle dichiarazioni pervenute dalla rete di raccolta del COOU si evince che nel 2002 sono state complessivamente smaltite 152.174 tonnellate di emulsioni di cui 50.072 tonnellate tramite combustione e 102.102 tonnellate tramite altro trattamento. Il contenuto medio di olio di tali emulsioni è stimato pari al 18,55% per un totale di 28.234 tonnellate di olio usato.

Per la termodistruzione dell'olio non rigenerabile o utilizzabile come combustibile il COOU si avvale di due impianti in Italia (RA.M.OIL S.p.A. di Casalnuovo - NA e Ambiente S.p.A. di Ravenna) e di uno in Austria (Vienna).

Per quanto riguarda la situazione sul destino degli oli usati, nella tabella C1.4 sono riportati i quantitativi d'olio eliminati tramite rigenerazione, combustione e termodistruzione (riferito al 2002).

Tabella C1.4 – Destino finale degli oli usati - 2002

Categoria olio	Rigenerazione (t)	Combustione (t)	Termodistruzione (t)
Olio rigenerabile	160.432	173	--
Olio riutilizzabile per combustione	4.580	13.359	--
Olio a termodistruzione	--	--	429
Totale	**165.012**	**13.532**	**429**

Fonte: COOU – Rapporto Ambientale 2002

C2 Indicazione della distribuzione territoriale degli impianti

La distribuzione degli impianti esistenti di rigenerazione degli oli usati a livello nazionale viene riportata nella tabella C2.1.

Tabella C2.1 – Notizie sui impianti esistenti

Impianto	Ubicazione	Superficie (mq)
Viscolube SpA	Pieve Fissiraga (LO)	62.000
Viscolube SpA	Ceccano (FR)	80.000
Distoms Srl	Porto Torres (SS)	5.000/6.000
Siro SpA	Corbetta (MI)	20.000
RA.M.OIL SpA*	Tavernanova di Casalnuovo (NA)	69.280

Note:

* Nello stesso sito vengono svolte anche altre attività quali: commercializzazione di bitume, produzione di basi lubrificanti e oli speciali, blending combustibili, termodistruzione di rifiuti speciali industriali.

Gli oli usati raccolti (tabella C2.2), sulla base delle diverse tecniche utilizzate vengono sottoposti ai processi di rigenerazione nei 5 succitati impianti che hanno una capacità complessiva autorizzata pari a 248.000 t/anno (tabella C2.2). Gli altri due impianti indicati in tabella, al momento non attivi, hanno una capacità complessiva autorizzata pari a 25.000 t/anno.

Tabella C2.2 – Quantità di lavorazione oli usati

Impianto	Capacità di decreto	Anno 2001**	Anno 2002***		
		Olio usato passato in lavorazione	Olio usato passato in lavorazione	Prodotti ottenuti	
				Basi	Altri prodotti
	(t/a)	(t/a)	(t)	(t)	(t)
Viscolube SpA (LO)*	100.000	90.544	79.430	48.037	19.795
Viscolube SpA (FR)	84.000	46.208	55.078	38.100	9.619
Distoms Srl	20.000	13.681	13.113	4.337	7.723
Siro SpA	9.000	7.081	7.342	5.175	753
RA.M.OIL SpA	35.000	24.225	23.205	7.903	11.566
O.M.A. S.p.A. (Non attivo)	10.000	--	--	--	-
EC.ENE.R. arl (Non attivo)	15.000	--	--	--	-
Totale	**273.000**	**181.739**	**178.168**	**103.552**	**49.456**

Note:
* La lavorazione include olio usato di provenienza estera.
** Fonte: COOU – Rapporto ambientale 2001
*** Fonte: COOU – Rapporto ambientale 2002

La quantità di olio base rigenerato ottenuto dalle raffinerie nel 2002 è stato pari a 103.552 tonnellate e rappresenta circa il 18% dell'olio base utilizzato nella produzione totale annua di lubrificante.

Particolarità dell'impianto N° 5 (RA.M.OIL)

L'impianto oltre alla rigenerazione degli oli usati, presenta la particolarità di essere inserito in uno stabilimento dove vengono svolte anche altre attività produttive.

Lo stabilimento RA.M.OIL è suddiviso nei seguenti impianti di produzione:

- Blending oli combustibili e produzione gasolio bianco.
- Impianto di distillazione lubrificanti.
- Reparto oli bianchi.
- Impianto di raffinazione paraffine.
- Reparto blending lubrificanti.
- Reparto gestione e incenerimento rifiuti.
- Stoccaggio bitumi e produzione bitume modificato
- Servizi.

Per la descrizione di dettaglio del ciclo produttivo si rimanda all'Appendice 1.

C3 Indicazione del personale impiegato

Il personale impegnato negli impianti esistenti addetto alla gestione ed all'esercizio, degli impianti consortili, viene indicato in tabella C3.1.

Tabella C3.1 – Notizie sui impianti esistenti

Impianto	Ubicazione	Personale (N° addetti)
Viscolube SpA	Pieve Fissiraga (LO)	Diretti: 93 Ditte esterne: 50
Viscolube SpA	Ceccano (FR)	Diretti: 69 Ditte esterne: 30
Distoms Srl	Porto Torres (SS)	Diretti: 24 Ditte esterne: 6
Siro SpA	Corbetta (MI)	Diretti: 8 Ditte esterne: 1
RA.M.OIL SpA	Tavernanova di Casalnuovo (NA)	Intero Sito: 116 Attività di ri-raffinazione: 18

Fonte: COOU

C4 Dati di impatto ambientale del settore

Durante i vari processi di recupero degli oli, negli impianti di trattamento degli oli usati, si generano inquinanti, la cui metodologia adottata per la quantificazione degli impatti ambientali si avvale dei dati forniti dai soggetti operanti nel settore.

Di seguito si riportano informazioni sull'impatto ambientale del settore suddivise nelle tre fasi che costituiscono la filiera:

- Fase di trasporto primario e secondario.
- Fase di stoccaggio.
- Fase di rigenerazione.

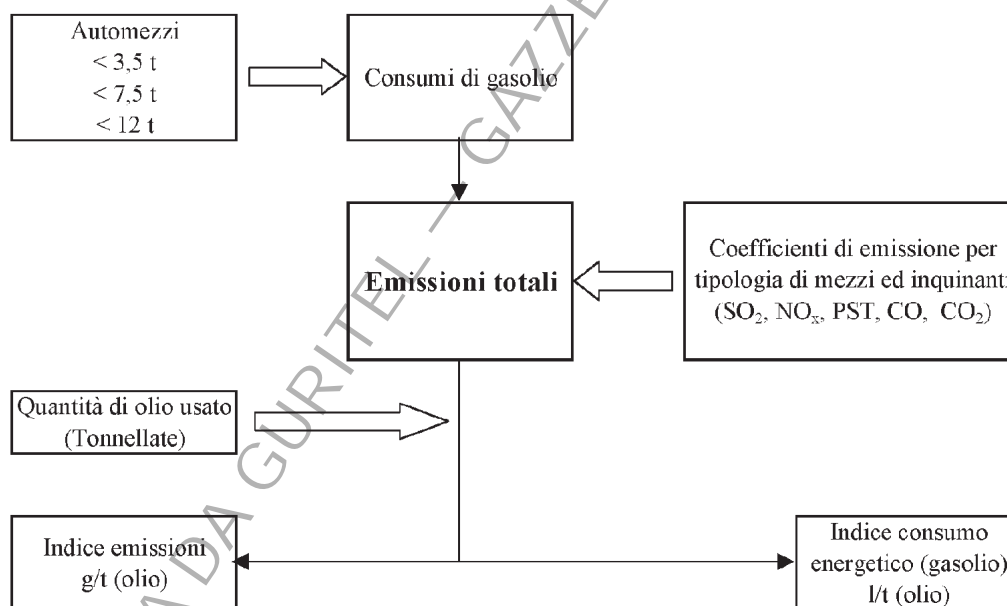
C4.1 Fase di trasporto primario e secondario

Per trasporto primario si intende il trasporto dell'olio dai detentori ai depositi dei raccoglitori da parte delle aziende raccoglitrici, per trasporto secondario, il trasferimento dell'olio usato dai depositi dei raccoglitori ai depositi di stoccaggio.

Con riferimento alle due fasi di raccolta (primaria e secondaria) si è operato nel seguente modo:

- La determinazione dell'impatto ambientale della sola fase della raccolta primaria è stata effettuata sulla base dei dati forniti da un campione di aziende raccoglitrici.
- La determinazione degli impatti ambientali nella fase di trasporto secondario è stata effettuata sulla base dei dati resi disponibili dal sistema informativo del Consorzio.

Per ottenere dati significativi o quantomeno rappresentativi sia dei consumi di gasolio che delle emissioni si è scelto di utilizzare per la fase della raccolta primaria e secondaria, la metodologia COPERT II sviluppata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA 1997). Tale metodologia si basa sulla considerazione dei dati medi di consumi ed emissioni riferiti a varie tipologie di automezzi e di distanze percorse, tramite l'impiego di specifici coefficienti di emissione (fig. C4.1.1).

Figura C4.1.1 – Metodologia per il calcolo dei consumi di gasolio e delle emissioni

I dati quantitativi relativi alle emissioni in atmosfera sono stati, pertanto, elaborati sulla base di un'analisi dei consumi di gasolio da autotrazione in funzione dei percorsi effettuati dai raccoglitori autorizzati (anno 2002).

I relativi impatti ambientali vengono quantificati nelle emissioni in atmosfera e nel consumo di gasolio per autotrazione (tabella C4.1.1).

Tabella C4.1.1 – Fase di trasporto olio usato emissioni in atmosfera

Emissioni in atmosfera	Trasporto primario (g/t olio)	Trasporto secondario (g/t olio)
SO_2	7	1,5
NO_X	78,5	51,1
PST	29,1	3
CO	128,9	14,7
CO_2	29.234	6.360
Consumi di gasolio (l/t di olio usato raccolto)	10,8	2,4

Fonte: COOU – Rapporto ambientale 2002

C4.2 Fase di stoccaggio

Il COOU si avvale di 7 depositi che hanno fornito (anno 2002) i dati relativi alla loro attività. Per tale fase[1], sono stati presi in esame l'ammontare dei consumi energetici ed idrici (tabella C4.2.1) ed il quantitativo di rifiuti prodotti (tabella C4.2.2).

Tabella C4.2.1 – Fase di stoccaggio consumi energetici ed idrici

Descrizione	U.M.	Anno di riferimento	
		2002	2001
Oli usati	(t)	189.496	192.267
Consumi energetici :*			
- Metano	(Nm³)	11.406	10.223
- Energia Elettrica	(MWh)	2.684	2.247
Consumi idrici *	(m³)	1.386	1.039

Note:
* Dati relativi ai depositi di stoccaggio in possesso di una contabilità separata rispetto a quella della rispettiva raffineria.
Fonte: COOU – Rapporto ambientale 2002

Tabella C.4.2.2 – Fase di stoccaggio rifiuti prodotti

Descrizione	U.M.	Anno di riferimento	
		2002	2001
Rifiuti speciali non pericolosi *	(t)	23	n.d.
Rifiuti speciali pericolosi *	(t)	3	n.d.

Note:
* Dati relativi ai depositi di stoccaggio in possesso di una contabilità separata rispetto a quella della rispettiva raffineria.
n.d. = non disponibili
Fonte: COOU – Rapporto ambientale 2002

Le emissioni gassose specifiche e significative per la fase di stoccaggio, in assenza di valori forniti dal settore, non vengono indicate. Esse sono, comunque, rappresentate soprattutto dai COV che possono essere emessi sia dai serbatoi di stoccaggio che dalle relative tubazioni o durante le operazioni di travaso.

Infine nella tabella C4.2.3 vengono riportate le caratteristiche degli stoccaggi dell'olio usato riferite ai 7 depositi consortili.

[1] Tali quantificazioni sono state elaborate sulla base delle specifiche informazioni fornite dai depositi di stoccaggio e dei dati disponibili nel sistema informativo del COOU.

Tabella C4.2.3 – Dati quantitativi depositi di stoccaggio

Capacità di stoccaggio oli usati	U.M.	Anno di riferimento	
		2002	2001
Serbatoi dedicati allo stoccaggio	N°	86	86
Capacità di stoccaggio complessiva	m^3	19.260	19.260
Oli usati complessivamente stoccati	t	189.496	192.267

Fonte: COOU – Rapporto ambientale 2002

C4.3 Fase di rigenerazione

Viene di seguito riportata (tabella C.4.3.1) una sintesi degli impianti di rigenerazione presenti ed in attività in Italia con l'indicazione dei processi e delle singole tecniche, applicate all'interno di ogni macro-fase.

Tali indicazioni sono riferite alle tecniche di rigenerazione per l'anno 2002 ad eccezione dell'impianto N° 1 (Viscolube SpA di Pieve Fissiraga), per il quale si rende noto che è stata avviata, nel 2003, la nuova Unità di finissaggio Hydrofinishing (in sostituzione del finissaggio con terre).

Tabella C4.3.1 – Tecniche applicate negli impianti di rigenerazione

Impianto	N°	Pretrattamento	Cleaning	Frazionamento	Finissaggio
Viscolube SpA – Pieve Fissiraga	1	Preflash	Deasfaltazione Termica		Hydrofinishing
Viscolube SpA – Ceccano	2	Preflash 1	Preflash 2 Deasfaltazione con Propano	Vacuum	Hydrofinishing
Distoms Srl	3	Sedimentazione e Centrifugazione	Preflash 1 Preflash 2	Evaporatore a Film Sottile	
Siro SpA	4	Preflash	Trattamento con Acidi e Terre	Vacuum	Trattamento con Terre
RA.M.OIL SpA	5	Preflash 1	Preflash 2	Evaporatore a Film Sottile	Trattamento con Acidi e Terre

In tabella C4.3.2 vengono invece riportati, rispetto alla numerazione identificativa d'impianto, gli acronimi delle singole tecniche utilizzate dagli impianti di rigenerazione analizzati nel presente documento.

Tabella C4.3.2 – Identificazione ed acronimi

Impianto	N°	Pretrattamento	Cleaning	Frazionamento	Finissaggio
Viscolube SpA – Pieve Fissiraga	1	PF	TDA		HF
Viscolube SpA – Ceccano	2	PF 1	PF 2 / PDA	VACUUM	HF
Distoms Srl	3	SC	PF 1 / PF 2	TFE	
Siro SpA	4	PF	TAT	VACUUM	TT
RA.M.OIL SpA	5	PF 1	PF 2	TFE	TAT

Legenda:

HF = Hydrofinishing
PDA = deasfaltazione con propano
PF I = preflash primario
PF II = preflash secondario
SC = sedimentazione e centrifugazione

TAT = trattamento con acido e terre
TDA = deasfaltazione termica
TFE = evaporatore a film sottile
TT = trattamento con terre
VACUUM = distillazione frazionata sottovuoto

C5 Dati macroeconomici

C5.1 Fattori *f* caratteristici di produzione

La valutazione della prestazione di un processo e/o di un insieme di processi, in un ciclo produttivo, può essere effettuata considerando anche una serie di indicatori specifici.

Tuttavia il mero confronto dei vari indicatori specifici (fattori caratteristici di produzione) di differenti cicli produttivi, non dà immediatamente una misura della performance relativa di un ciclo di lavorazione verso un altro, ma un'indicazione che deve comunque essere integrata con altre informazioni relative ai differenti fattori di scala tra diversi cicli di lavorazioni e comunque al fattore rendimento del processo di lavorazione (resa) illustrato nel capitolo F.

I fattori caratteristici di produzione sono generalmente parametrizzati per 1.000 kg di olio lavorato (se non diversamente specificato).

La comparazione di tali grandezze deve essere eseguita comunque considerando le differenze tecniche e gestionali applicate nei vari impianti nazionali.

Tali fattori sono rivolti all'individuazione della bontà dei processi in quanto essi sono strettamente legati ai risvolti economici dell'attività. In generale le aziende tendono a diminuire tali fattori allo scopo di diminuire i costi associati ai processi di rigenerazione.

È inoltre evidente che la destinazione d'uso finale dell'olio rigenerato incide sui fattori di processo, in quanto generalmente per ottenere un olio di alta qualità l'incidenza energetica, i prodotti chimici e la complessità tecnica-gestionale sono superiori rispetto ad un impianto per la produzione di un olio di media qualità.

I fattori di produzione analizzati sono riferiti all'intero impianto di ogni produttore, mentre per l'impianto N° 5 (RA.M.OIL) tali fattori sono splittati e riferiti sia all'intero sito che allo specifico impianto di ri-raffinazione.

Le conformazioni impiantistiche sono nel dettaglio descritte al capitolo D, ed includono gran parte delle tecniche disponibili per la rigenerazione dell'olio usato.

C5.1.1 Metodologia di calcolo dei fattori

I dati forniti sono riferiti ad un anno di attività (anno solare). Le incidenze delle varie voci sono state calcolate sull'unità di carica, quantificata in 1.000 kg (1 t) di olio usato lavorato.

Il fattore di produzione è stato calcolato, semplicemente, dividendo il dato caratteristico X dell'attività annuale (y), caratterizzato dalla specifica unità di misura (*u.m.*) con la lavorazione (Pa) riferita allo stesso anno ed espressa in tonnellate (t); di conseguenza i vari fattori caratteristici sono espressi nelle singola unità di misura per tonnellata di olio usato lavorato *[u.m./t]*:

$$f_i = X\left[\frac{u.m.}{y}\right] / Pa\left[\frac{t}{y}\right] = \frac{X}{PA}\left[\frac{u.m.}{t}\right]$$

C5.2 Fattori di consumo risorse prime

A livello energetico per TEP si intendono le Tonnellate Equivalenti di Petrolio calcolate secondo i fattori di conversione definiti dalla Circolare Ministeriale del 2 marzo 1992 n°219/F (tabella C5.2.1).

Tabella C5.2.1 – Equivalenze energetiche

1.000 Nm^3 di gas naturale	0,82 TEP
1 t di olio combustibile	0,98 TEP
1 MWh di energia elettrica in media alta tensione	0,23 TEP
1 t di gasolio	1,08 TEP

Le risorse prime considerate, nel presente paragrafo, per la determinazione di fattori caratteristici di processo, sono rispettivamente (in ordine di importanza):

- Combustibili fossili.
- Olio combustibile.
- Energia elettrica.
- Acqua.

Nella tabella C5.2.2 sono riportate le quantità ed i rispettivi fattori di consumo (anno 2002) per i cinque impianti italiani (codificati secondo la tabella C4.3.3.2.).

Tali indicazioni sono riferite alle tecniche di rigenerazione ad eccezione dell'impianto N° 1 (Viscolube SpA di Pieve Fissiraga), per il quale si rende noto che è stata avviata, nel corso del 2003, la nuova Unità di finissaggio Hydrofinishing (in sostituzione del finissaggio con terre). Tale modifica impiantistica comporta minori impatti con l'ambiente.

Tabella C5.2.2 – Consumi risorse prime degli impianti consortili

Processo	Risorse	U.M.	Range	TEP/t
1	Gas naturale	$Nm^3(CH_4)/t$	200 ÷ 222	0,164 ÷ 0,182
2			193 ÷ 214	0,158 ÷ 0,175
3			n.c.	-
4			61 ÷ 69	0,050 ÷ 0,057
5			n.c.	-
1	Olio combustibile	kg/t	2 ÷ 3	0,002 ÷ 0,003
2			n.c.	-
3			24 ÷ 27	0,024 ÷ 0,026
4			n.c.	-
5			n.c.	-
1	Energia elettrica	kW/t	151 ÷ 167	34,73 ÷ 38,4
2			169 ÷ 187	38,87 ÷ 43,01
3			96 ÷ 107	22,08 ÷ 24,61
4			91 ÷ 102	20,93 ÷ 23,46
5			40 ÷ 45	9,2 ÷ 10,35
1	Acqua	$m^3(H_2O)/t$	42 ÷ 48	--
2			6,5 ÷ 7,5	
3			0,5 ÷ 1,0	
4			37 ÷ 42	
5			4,9 ÷ 5,4	
3	Gasolio	kg/t	61 ÷ 67	0,066 ÷ 0,072
5			84 ÷ 92	0,091 ÷ 0,099

Note:
"n.c." indica che il parametro non è caratteristico dei vari processi.
"n.d." indica che tali informazioni non sono disponibili o deducibili.

Nella tabella C5.2.3 vengono riportati i consumi delle risorse prime dell'impianto N° 5 (RA.M.OIL).

Tabella C5.2.3 – Consumi risorse prime impianto N°5 (Stabilimento RA.M.OIL)

Processo	Risorsa	Quantità	U.M.	Processo	Risorsa	Quantità	U.M.
Intero sito	Gasolio	5.391	(t/a)	Rigenerazione olio usato	Gasolio (misurato)	2.048	(t/a)
Intero sito	Energia elettrica	8.213	(MWh/a)	Rigenerazione olio usato	Energia elettrica (misurato)	1.000	(MWh/a)
Intero sito	Acqua	1.000.000	(m^3/a)	Rigenerazione olio usato	Acqua (stimato 12%)	120.000	(m^3/a)

I valori specifici tipici di consumo degli additivi funzionali riferiti agli specifici processi sono riportati:

- Per i 5 impianti consortili in tabella C5.2.4 (Compreso l'intero sito RA.M.OIL).
- Per il processo N°5 (RA.M.OIL) solo rigenerazione oli usati in tabella C5.2.5.

Tabella C5.2.4 – Valori specifici consumi chemicals degli impianti consortili

Processo	**Impianto N°1 Viscolube SpA – Pieve Fissiraga**		**Impianto N°2 Viscolube SpA – Ceccano**		**Impianto N° 3 Distoms Srl**		**Impianto N°4 Siro SpA**		**Impianto N°5 RA.M.OIL SpA**	
Chemicals	**Fase di trattamento**	***f***	**Fase di trattamento**	***f***	**Fase di trattamento**	***f***	**Fase di trattamento**	***f***	**Fase di trattamento**	***f***
Propano	n.c.		PDA	7,34 kg/t	n.c.		n.c.		n.c.	
Chemicals di processo	PF, TDA, HF, combustore	25 kg/t	VACUUM HF	0,43 kg/t	TFE	24,2 kg/t	Tutti	98,85 kg/t	TAT	7,76 kg/t
Chemicals trattamento acque		2,1 kg/t	n.c.	3,81 kg/t		0,19 kg/t	n.c.			
Chemicals trattamento acque reflue	Impianto TAE	2 kg/t	Impianto TAE	0,3 kg/t		1,91 kg/t	n.c.		ITAR-Trattamento acque reflue	5,04 kg/t
Terra deparaffinante	n.c.		Filtrazione con terre	1,31 kg/t			n.c.		n.c.	
Terra decolorante	n.c.						Cleaning finissaggio	75,38 kg/t	TAT	19,56 kg/t
N_2 (liquido)		3,65 kg/t		0,36 kg/t			Cleaning	0,86 kg/t	IDR–Distillazione e rigenerazione	1,68 kg/t
O_2 (liquido)	Impianto TAE	19,12 kg/t	Impianto TAE	16,64 kg/t	n.c.		n.c.		n.c.	
Catalizzatori	HF	0,45 kg/t	HF	0,49 kg/t	n.c.		n.c.		n.c.	

Note:
"n.c." indica che il parametro non è caratteristico dei vari processi.
"n.d." indica che tali informazioni non sono disponibili o deducibili.

Tabella C5.2.5 – Consumo chemicals impianto N°5 (Stabilimento RA.M.OIL)

Chemicals	Intero sito	Impianto rigenerazione
	(t/anno)	(t/anno)
Acido solforico	842,5	180
Terra e calce	797,8	454
Soda	1.058	0,00
Chemicals trattamento acque	1.000	117
Azoto	78	39

Fonte: RA.M.OIL

C5.3 Fattori di effluenti gassosi

Nella tabella C5.3.1 sono riportati i fattori di produzione (anno 2002) degli effluenti gassosi per i cinque processi presi in considerazione.

I valori riportati nella tabella sono riferiti sempre all'unità di olio lavorato (kg/t) e devono essere considerati come valori specifici tipici del processo di riferimento.

Tabella C5.3.1 – Produzione effluenti gassosi (1)

Processo	1	2	3	4	5	Totale
Effluente	Valori tipici					Media pesata
	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)
CO_2	n.d.	640	0,01	190,9	3,1E-03	-
SOx	0,011	1,23	1,32	0,0039	3,1E-03	0,482856
NOx	2,11	0,65	0,52	0,0473	0,079	1,192118
N_2O						-
TOC	0,8E-03	n.d.	n.d.	0,064	1,5E-03	-
CO	<0,05	0,07	<0,05	0,245	4,3E-03	0,058266
HCl	0,2E-03	0,005	n.d.	0,55E-03	4,6E-04	-
HF	0,3E-04	0,001	n.d.	0,55E-04	4,3E-05	-
Metalli totali	0,12E-03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-
Hg	6,63E-06	2,9E-06	n.d.	n.d.	4,2E-06	-
Cd+Tl	2,21E-07	3,63E-07 (Cd)	n.d.	n.d.	5,4E-06	-
IPA (PAHs)	2,2E-08	1,75E-08	n.d.	0,17E-05	1,8E-07	-
PCB	n.d.	n.d.	n.d.	0,6E-06	n.d.	-
Clorobenzeni						-
PCDD/PCDF	2,8E-06	2,00E-10	n.c.	0,4E-07	3,43E-09	-
CFC	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-
Polveri	n.d.	0,02	n.d.	0,00315	n.d.	-
Polveri PM10	n.d.	0,002	n.d.	n.d.	n.d.	-
Metano	n.d.	< 0,02	n.d.	n.d.	n.d.	-
COV (Escluso CH_4)	n.d.	0,13	n.d.	n.d.	n.d.	-
Benzene	n.d.	< 0,001	n.d.	n.d.	n.d.	-
Ammoniaca	n.d.	0,6E-03	n.d.	n.d.	n.d.	-
Arsenico	n.d.	2,9E-06	n.d.	n.d.	n.d.	-
Cromo	n.d.	3,94E-05	n.d.	n.d.	n.d.	-
Rame	n.d.	1,12E-05	n.d.	n.d.	n.d.	-
Nichel	n.d.	2,25E-05	n.d.	n.d.	n.d.	-
Piombo	n.d.	2,90E-06	n.d.	n.d.	n.d.	-

Note:
"n.c." indica che il parametro non è caratteristico dei vari processi;
"n.d." indica che tali informazioni non sono disponibili o deducibili.
1) Valori provvisori in corso di validazione

I valori riportati nella precedente tabella relativi al processo N° 5 (RA.M.OIL) si riferiscono alla sola attività di lavorazione degli oli usati, e sono stati parametrizzati in ragione del 20% dei valori delle emissioni totali e poi espressi sull'unità di olio usato lavorato (pari a 23.000 t/anno). Si è utilizzata tale percentuale in quanto l'aliquota relativa all'autosmaltimento nel forno inceneritore per la lavorazione degli oli usati è essenzialmente rappresentata dalla corrente degli incondensabili dei gruppi da vuoto dell'impianto IDR (Impianto di Distillazione e Rigenerazione). Tale corrente complessivamente è di c.a. 2.000 t/anno, ovvero circa il 20% del totale dei rifiuti alimentati al forno nell'anno 2002.

Le medie sono state calcolate ove disponibili e rappresentano i valori del singolo parametro per i cinque processi presi a riferimento. La media pesata è ottenuta nel seguente modo:

$$\text{Media pesata} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{5} fi * qi}{\sum_{i=1}^{5} qi} \right]$$

Dove:
i = iesimo processo
fi = valore tipico annuo [kg/t] per il processo iesimo
qi = quantità di olio lavorato [t/anno] dal processo iesimo

I fattori di effluenti gassosi per ogni processo sono stati quindi espressi tramite valori tipici nell'intorno dei quali può variare la performance ambientale del processo stesso.

Infine a maggior chiarimento, viene riportata nella tabella C5.3.2 indicante i valori specifici tipici, la produzione in peso degli effluenti gassosi del processo N° 5 (RA.M.OIL).

Tabella C5.3.2 – Produzione effluenti gassosi impianto N°5 (Stabilimento RA.M.OIL) (1)

Inquinante	Intero sito emessi (kg/anno)	Rigenerazione oli usati (kg/anno)
CO_2	358	71,6
SO_2	358	71,6
NO_X	9.074	1.814,8
N_2O	n.d.	n.d.
TOC	172	34,4
CO	490	98
HCl	54	10,8
HF	5	1
Metalli totali	n.d.	n.d.
Hg	0,49	0,098
Cd+Tl	0,63	0,126
IPA	0,021.	0,0042
PCB	n.d.	n.d.
Clorobenzeni	n.d.	n.d.
PCDD/PCDF	0,00035	0,00007
CFC	n.d.	n.d.

Note:
"n.d." indica che tali informazioni non sono disponibili o deducibili.
1) Valori provvisori in corso di validazione.

C5.4 Fattori di produzione rifiuti

Per questa sezione sono stati utilizzati i dati di produzione dei rifiuti indicati nel Modello Unico di Dichiarazione - MUD 2002 riferito alle produzioni rifiuti del 2001 – (tab. C5.4.1) delle seguenti società:

- Impianto n° 1 Viscolule S.p.A. (Pieve Fissiraga - Lodi)
- Impianto n° 2 Viscolule S.p.A. (Ceccano - Frosinone)
- Impianto n° 3 Distoms srl (Porto Torres - Sassari)
- Impianto n° 4 Siro S.p.A. (Corbetta-Milano)
- Impianto n° 5 RA.M.OIL (Taveranova di Casalnuovo – Napoli)

I fattori di produzione rifiuti sono espressi in kg per tonnellata di olio lavorato (riferito alle quantità lavorate nel 2001 tab.C2.2).

Tabella C5.4.1 – Produzione rifiuti (anno 2001)

Codici CER	Descrizione	Impianto									
		N° 1 - Viscolube SpA (Pieve Fissiraga)		N° 2 - Viscolube (Ceccano)		N° 3 - Distoms		N° 4 - Siro SpA		N° 5 RA.M.OIL	
		Rifiuti		Rifiuti		Rifiuti		Rifiuti		Rifiuti	
		Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione
		(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)
050101	Fanghi dal trattamento sul posto degli effluenti	655.280	7,24								
050106	Fanghi da impianti, apparecchiature e operazioni di manutenzione	82.800	0,91								
050107	Catrami acidi									1.611.020	66,50
050302	Altri catalizzatori esausti			73.650	1,59						
050801	Filtri di argilla esauriti	12.961.500	143,15					762.460	107,68		
050802	Catrami acidi							1.230.920	173,83		
050803	Altri catrami			31.650	0,68						
050804	Rifiuti acquosi dalla rigenerazione dell'olio	2.999.320	33,13	884.710	19,15			463.300	65,43		
050899	Rifiuti non specificati altrimenti			141.790	3,07						
070101	Soluzione acquose di lavaggio e acque madri							126.740	17,90		
070703	Solventi organici alogenati, soluzioni di lavaggio ed acque madri			1.040	0,02						
070708	Altri fondi di distillazione e residui di reazione									487.100	20,11
120101	Limatura, scaglie e polveri di metalli ferrosi	39.440	0,44								
130202	Oli esauriti da motore trasmissioni ed ingranaggi non contenenti composti organici clorurati							700	0,10		
130601	Altri rifiuti oleosi non specificati altrimenti	453.280	5,01	3.692.220	79,90	14.300	1,05				
150101	Carta e cartoni									26.160	1,08
150102	Imballaggi in plastica	11.160	0,12	15.820	0,34						
150103	Imballaggi in legno	3.880	0,04								
150104	Imballaggi metallici			5.980	0,13						

Segue

Tabella C5.4.1 – Produzione rifiuti (anno 2001) (Seguito)

Codici CER	Descrizione	Impianto									
		N° 1 - Viscolube SpA (Pieve Fissiraga)		N° 2 - Viscolube (Ceccano)		N° 3 - Distoms		N° 4 - Siro SpA		N° 5 RA.M.OIL	
		Rifiuti		Rifiuti		Rifiuti		Rifiuti		Rifiuti	
		Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione
		(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)
150106	Imballaggi in più materiali	55.880	0,62	39.210	0,85			44.200	6,24	250.050	10,32
150201	Assorbenti, materiali filtranti, stracci, indumenti protettivi	22.520	0,25	8.460	0,18						
160104	Veicoli inutilizzabili			865	0,02						
160205	Altre apparecchiature fuori uso			3.030	0,07						
160502	Altri rifiuti contenenti prodotti chimici inorganici es. Sostanze chimiche di laboratorio non specificate altrimenti, polveri estinguenti			3.090	0,07						
160701	Rifiuti della pulizia di cisterne di navi contenti prodotti chimici							29.340	4,14		
160706	Rifiuti della pulizia di serbatoi di stoccaggio contenenti oli	104.820	1,16								
160799	Altri rifiuti non specificati altrimenti							158.500	22,38		
170405	Ferro e acciaio	78.800	0,87	94.920	2,05			12.880	1,82	158.490	6,54
170407	Metalli misti									840	0,03
170408	Cavi	1.620	0,02								
170602	Altri materiali isolanti			2.320	0,05						
170701	Rifiuti misti da costruzione e demolizione			222.090	4,81						
190602	Fanghi dal trattamento anaerobico di rifiuti animali e vegetali			7.200	0,16						
190804	Fanghi dal trattamento delle acque reflue industriali			1.119.900	24.24						
190904	Carbone attivo esaurito			9.230	0,20						

Segue

Tabella C5.4.1 – Produzione rifiuti (anno 2001) (Seguito)

Codici CER	Descrizione	Impianto									
		N° 1 - Viscolube SpA (Pieve Fissiraga)		N° 2 - Viscolube (Ceccano)		N° 3 - Distoms		N° 4 - Siro SpA		N° 5 RA.M.OIL	
		Rifiuti		Rifiuti		Rifiuti		Rifiuti		Rifiuti	
		Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione	Prodotti	Fattore di produzione
		(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)	(kg)	(kg/t)
190905	Resine di scambio ionico sature od esauste			1.200	0,03						
200304	Fanghi delle fosse settiche									72.120	2,98
Totale		17.470.300	192,95	6.358.375	137,60	14.300	1,05	2.829.040	399,53	2.605.780	107,57

Note:
- Valori estratti dai modelli MUD 2002 relativi alle produzioni rifiuti del 2001.
- Per l'impianto N° 2 Viscolube di Ceccano i rifiuti sono stati contabilizzati a fronte dei modelli MUD del 2002 delle gestioni AgipPetroli e Viscolube.
- Il fattore di produzione dei rifiuti è riferito alle quantità d'olio in lavorazione nell'anno 2001.
- L'analisi della produzione dei rifiuti dell'impianto N° 4 Distoms risulta incompleta.

C5.5 Fattori di produzione reflui

Nella tabella C5.5.1 sono riportati i fattori di produzione di effluenti liquidi per i cinque processi.
I valori riportati in tabella sono riferiti sempre all'unità di olio lavorato e devono essere considerati come valori specifici tipici del processo.

Tabella C5.5.1 – Produzione inquinanti negli effluenti liquidi

Processo	**1**	**2**	**3**	**4** (1)	**5**	**Totale**
Inquinante	**Valori tipici**					**Media pesata**
	(kg/t)	**(kg/t)**	**(kg/t)**	**(kg/t)**	**(kg/t)**	**(kg/t)**
Solidi sospesi	n.d.	0,18	0,13	-	1,2	-
TOC	n.c.	n.c.	n.c.	-	n.c.	-
BOD	0,15	0,064	n.d.	-	0,6	-
COD	0,48	0,401	0,84	-	0,75	0,51884
Idrocarburi	0,0019	< 0,005	0,08	-	7,5E-03	0,009655
Fenoli	0,0007÷0,0015	< 0,0005	0,003	-	6E-03	0,001532
Azoto totale	n.c.	n.c.	n.c.	-	0,42	-
Fosforo totale	0,0015	0,003	n.c.	-	>9E-03	-
Metalli totali	0,0015	n.c.	n.d.	-	2,25E-03	-
Al	n.c.	< 5,35E –05	n.c.	-	n.c.	-
Piombo	0,00078	0,0001	n.d.	-	6E-05	-
Fe	0,0015	0,0007	n.d.	-	6,8E-03	-
As	0,00038	< 5,35E-05	n.d.	-	2,25E-03	-
Cromo totale	1,16E-05	< 0,0005	n.d.	-	6E-05	-
Rame	0,00039	< 5,35E-05	n.d.	-	3E-05	-
Mercurio	0,00012	< 5,35E-06	n.d.	-	3E-04	-
Nichel	1,5E-06	0,0002	n.d.	-	>7,5E-05	-
Zinco	0,00019	0,0007	n.d.	-	3,8E-04	-
IPA	0,0016	n.c.	n.d.	-	1E-03	-
Azoto ammoniacale	n.d.	0,064	n.d.	-	n.d.	-
Azoto nitroso	n.d.	0,002	n.d.	-	n.d.	-
Azoto nitrico	n.d.	0,035	n.d.	-	n.d.	-
Tensioattivi totali	n.d.	0,003	n.d.	-	n.d.	-
Solfati (SO_4)	n.d.	0,509	n.d.	-	n.d.	-
Solfiti	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Cloruri	n.d.	< 0,557	n.d.	-	n.d.	-
Fluoruri	n.d.	< 0,0005	n.d.	-	n.d.	-
Grassi e oli minerali	n.d.	< 0,005	n.d.	-	n.d.	-
Aldeidi	n.d.	< 0,0005	n.d.	-	n.d.	-
Solventi organici clorurati	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Solventi organici azotati	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Pesticidi fosforati	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Pesticidi totali	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Aldrin	n.d.	< 5,35E-06	n.d.	-	n.d.	-
Dieldrin	n.d.	< 5,35E-06	n.d.	-	n.d.	-
Endrin	n.d.	< 5,35E-06	n.d.	-	n.d.	-
Isodrin	n.d.	< 5,35E-06	n.d.	-	n.d.	-

Segue

Tabella C5.5.1 – Produzione inquinanti negli effluenti liquidi (Seguito)

Processo	1	2	3	4 (1)	5	Totale
Inquinante	Valori tipici					Media pesata
	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)	(kg/t)
Bario	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Boro	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Cadmio	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Manganese	n.d.	0,0004	n.d.	-	n.d.	-
Selenio	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Stagno	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Cianuri totali	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Cloro attivo libero	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-
Solfuri	n.d.	< 5,35E-05	n.d.	-	n.d.	-

Note:
"n.c." indica che il parametro non è caratteristico dei vari processi.
"n.d." indica che tali informazioni non sono disponibili o deducibili.
1) Per l'impianto N° 4 (Siro S.p.A.) non sono stati forniti valori riguardo la produzione degli inquinanti.

Nella precedente tabella non sono stati riportati i valori relativi al processo N° 4 (Siro S.p.A.), perché il settore non ha fornito dati, comunque, in questo impianto i reflui derivanti dal processo di rigenerazione degli oli usati, vengono stoccati e avviati a trattamento come rifiuti speciali presso imprese autorizzate.

I fattori di effluenti liquidi per ogni processo sono stati quindi espressi tramite valori tipici nell'intorno dei quali può variare la performance ambientale del processo stesso.

I valori riportati nella tabella relativi al processo N° 5 (RA.M.OIL S.p.A.) si riferiscono a tutta l'attività del Sito e sono riferiti ad una portata di scarico pari alla potenzialità dell'impianto. Pertanto in assenza di valori specifici riferiti alla sola sezione di ri-raffinazione degli oli usati, e quantificazioni degli effluenti liquidi sono state effettuate con le modalità riportate in tabella C5.5.2, ragione per cui i valori riportati sono conservativi in quanto gli effluenti derivanti dalla lavorazione degli oli usati rappresentano soltanto il 3,8% dei valori totali.

Tabella C5.5.2 - Quantità effluenti liquidi impianto N°5 (Stabilimento RA.M.OIL)

Potenzialità Impianto Trattamento Acque Reflue (ITAR)		Aliquota acque reflue relative alla rigenerazione dell'olio usato			
Intero stabilimento	Valore medio (Stimato)	Gruppi da vuoto IDR - fase liquida	Tenute pompe (Quantità stimata)	Pompe da vuoto fase di decolorazione	Totale
(m^3/a)	(m^3/a)	(m^3/a)	(m^3/a)	(m^3/a)	(m^3/a)
345.000	260.000	3.000	1.000	6.000	10.000

Fonte: RA.M.OIL

C5.6 Considerazioni sulle tre fasi aggregate

Le informazioni relative alle tre fasi (raccolta, stoccaggio e rigenerazione) sono aggregate secondo la tabella C5.6.1, nella quale vengono in forma sintetica forniti i principali consumi di risorse e la produzione di rifiuti non pericolosi e pericolosi.

Tabella C5.6.1 – Consumi totali di risorse prime
(Raccolta-stoccaggio-raffinazione)

Consumi energetici	U.M.	Anno di riferimento	
		2002	2001
Metano	(Nm^3)	24.860.335	24.852.881
Energia elettrica	(MWh)	25.779	26.294
Prelievi idrici	(m^3)	2.835.629	3.017.641
Rifiuti:			
- Speciali non pericolosi	(t)	4.999	2.371
- Speciali pericolosi	(t)	16.635	17.989

Fonte: COOU – Rapporto ambientale 2002

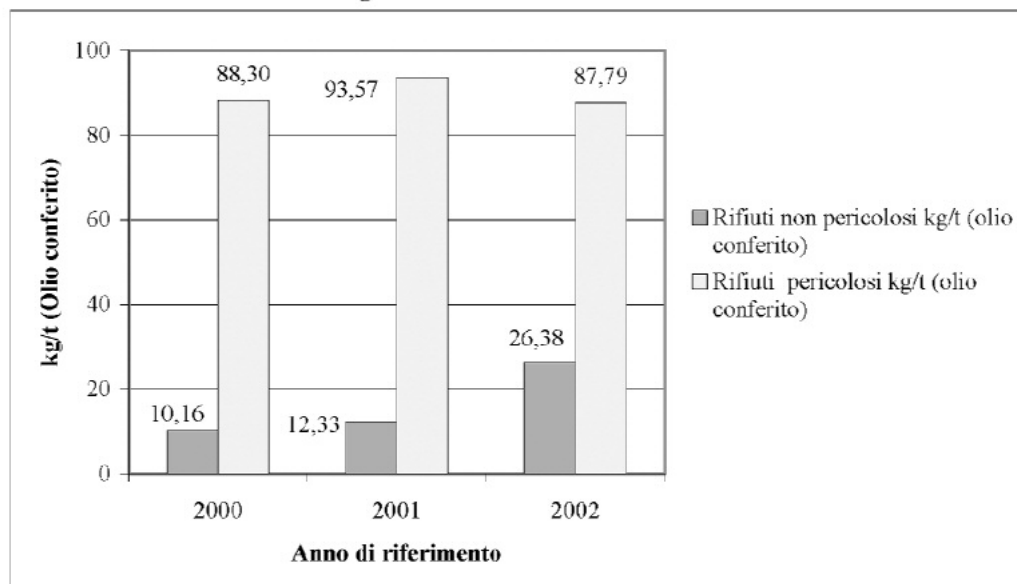
A completamento di tali indicazioni fornite in precedenza si desidera ora presentare un quadro di indicatori di performance, costituito da un sistema di indici descrittivi che prende in esame dati fisici e dati economici.

Questi indici di tipo strettamente numerico sono, quindi, solitamente costruiti rapportando una grandezza ambientale (quantità di emissioni inquinanti e rifiuti, ecc.) ed una grandezza economica (valore aggiunto o fatturato) relativa all'attività complessivamente realizzata.

Nel caso del COOU, si è ritenuto più consono alle peculiarità del Consorzio stesso rapportare i dati ambientali al valore del conferito annuo. Il rapporto, così sviluppato, esprime, pertanto, il valore dei principali inquinanti per ogni fase di attività del Consorzio, rispetto al totale raccolto.

C5.7 Indicatori fisici

Al fine di fornire una rappresentazione d'insieme delle complesse interrelazioni tra gli impatti ambientali del sistema consortile e il complesso delle risorse naturali si è ritenuto di fornire in primo luogo quello della produzione dei rifiuti[2] (figura C5.7.1), suddivisi nelle due macrocategorie di rifiuti pericolosi e non pericolosi e la rappresentazione del trend dei consumi energetici (figura C5.7.2) del sistema consortile.

Figura C5.7.1 – Produzione rifiuti

Fonte: Elaborazione su dati COOU

Per i rifiuti si osserva che il trend di produzione è il seguente:

- Rifiuti pericolosi: si evidenzia una lieve diminuzione di produzione nell'anno 2002 rispetto al 2001 (da 17.900 t a 16.600 t).
- Rifiuti non pericolosi: si evidenzia che nel 2002 la produzione è pressoché raddoppiata rispetto al 2001 (si ritiene che questo valore possa anche derivare dalla presenza di manutenzioni straordinarie, stoccaggi di rifiuti anno precedente, ecc.).

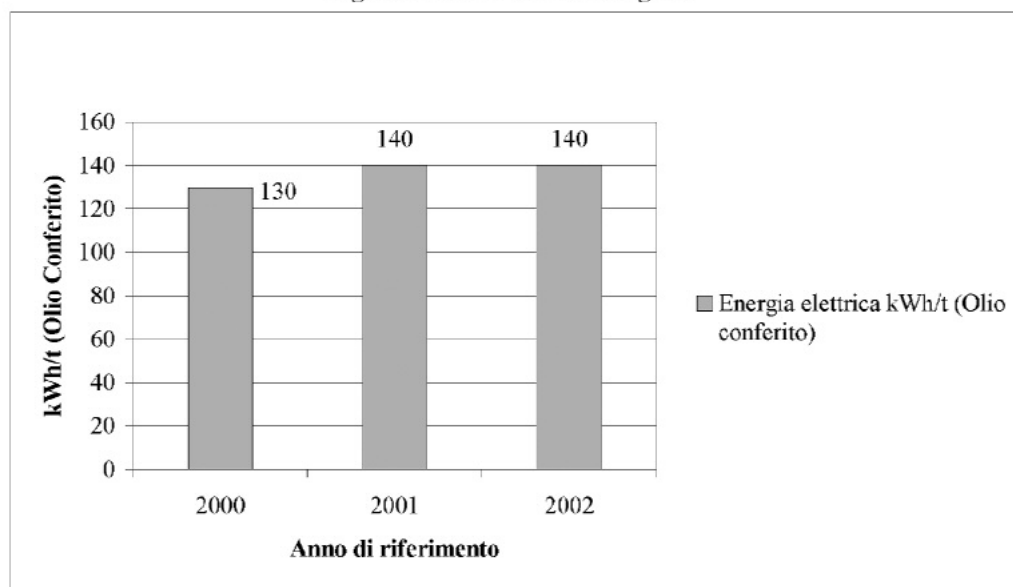
I dati utilizzati per il calcolo dei valori dei consumi dell'energia elettrica sono stati ottenuti sulla base dei dati aggregati del sistema dei depositi consortili e delle raffinerie.

I valori così ottenuti, derivati dal sistema informativo consortile, sono stati poi parametrizzati sulla base delle quantità di olio usato conferito.

Il trend dei consumi di energia elettrica evidenzia un livello di consumo, pressoché costante nel corso del triennio, con un lievissimo incremento tra il 2000 ed il 2001, ciò in linea con il processo produttivo del COOU che non ha subito sostanziali mutamenti.

Le lievi variazioni sono pertanto imputabili quasi esclusivamente alle maggiori o minori quantità lavorate dalle raffinerie nel corso del triennio.

[2] Per il 2000 ed il 2001 i valori relativi alla produzione dei rifiuti sono stati stimati laddove i soggetti costituenti la "filiera dell'olio usato" (raccolta – stoccaggio – rigenerazione) hanno fornito indicazioni parziali o mancanti.

Figura C5.7.2 – Consumi energetici

Fonte: Elaborazione su dati COOU

D DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE, DEGLI EVENTUALI SOTTOPROCESSI E DEGLI IMPIANTI PER I QUALI SONO ANALIZZATE LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

I processi e sottoprocessi, che vengono descritti di seguito, hanno come comune denominatore la peculiarità dell'estrema flessibilità in quanto l'olio usato in alimentazione agli impianti, pur rispondendo ai requisiti qualitativi minimi (tabb. C.1, C.2 e C.3), è una materia prima le cui caratteristiche qualitative sono estremamente variabili.

Pertanto nell'ambito delle diverse filiere di lavorazione adottate, sono soprattutto le fasi iniziali, come la raccolta ed il trasporto, che devono fungere da ammortizzatori di detta variabilità al fine di garantire una costanza qualitativa dei semilavorati in alimentazione agli impianti di rigenerazione.

D1 Processo produttivo semplificato/generale

Il processo di rigenerazione dell'olio usato prevede 4 macrofasi:

1. **Pretrattamento**: si tratta di un insieme di operazioni prevalentemente di tipo meccanico e termico finalizzate ad un'eliminazione preliminare di elementi indesiderati (metalli, acqua, fanghi, solidi sospesi, etc.). Le tecniche utilizzate sfruttano unità ed elementi operativi quali i separatori magnetici, i sedimentatori ed il pre-flash.
2. **Cleaning**: in questa fase si effettua la preparazione finale del prodotto alla lavorazione. Le tecniche utilizzate possono essere simili a quelle del pretrattamento: solitamente si applica un pre-flash a livelli termici più elevati per l'estrazione completa dei bassobollenti e delle ultime tracce di acqua. I processi termici avvengono generalmente a temperature superiori rispetto alla fase precedente. Tali processi termici possono essere seguiti da processi che utilizzano la tecnica dell'estrazione con solvente.
3. **Frazionamento**: è la fase produttiva vera e propria. Le varie tecniche utilizzate permettono di separare l'olio secondo varie frazioni (tagli) in funzione delle caratteristiche di viscosità.
4. **Finissaggio**: è la fase di finitura dell'olio. Tale fase è svolta principalmente con tecniche che utilizzano terre o idrogeno e conferisce al prodotto finale caratteristiche di colore e purezza conformi alle varie specifiche e necessità.

Nella figura D1.1 vengono indicate, per ogni macro-fase di trattamento, le risorse (materie prime ed energia) generalmente utilizzate, le emissioni gassose generate, i reflui liquidi e i rifiuti prodotti.

Figura D1.1 – Macrofasi di trattamento

Ingresso olio minerale usato

1° macrofase

Energia elettrica
Freddo
Calore

Pretrattamento

Emissioni gassose costituite da sfiati dei serbatoi e da sfiati dei gruppi del vuoto
Reflui liquidi costituiti dall'acqua presente nell'olio usato

2° macrofase

Energia elettrica
Chemicals di processo
Calore
Freddo

Cleaning

Emissioni gassose costituite da sfiati dei serbatoi, da sfiati dei gruppi del vuoto, da gas incondensabili
Reflui liquidi costituiti dall'acqua presente nell'olio usato
Rifiuti costituiti da chemicals di processo esausti

3° macrofase

Energia elettrica
Freddo
Calore

Frazionamento

Emissioni gassose costituite da sfiati dei serbatoi, da sfiati dei gruppi del vuoto, da gas incondensabili
Reflui liquidi costituiti dall'acqua presente nell'olio usato

4° macrofase

Energia elettrica
Chemicals di processo
Calore
Freddo

Finissaggio

Emissioni gassose costituite da sfiati dei serbatoi e da sfiati dei gruppi del vuoto
Rifiuti costituiti da chemicals di processo esausti

Basi lubrificanti

D2 Caratteristiche dell'olio

D2.1 Caratteristiche dell'olio usato in ingresso

Le caratteristiche degli oli usati in ingresso agli impianti (dati medi) sono quelle riportate in Tabella D2.1.1 seguente:

Tabella D2.1.1 – Dati medi degli oli usati destinati alla rigenerazione

Parametri	Valori di legge (1)	Valori medi oli scuri (2)	U.M.
Acqua	max 15	7.9	% peso
PCB/PCT	max 25	7	mg/kg
Cloro totale	max 5000	1.121	ppm
Diluenti	max 5,0	2.9	% volume
N° Saponificazione (3)	max 18,0	11.6	Mg KOH/g

Note:
1) Tabella 3 - Allegato A – D.M. 392/96
2) Valori estratti dal "Bilancio Consuntivo esercizio 2002" del COOU.
3) Determinazioni da eseguirsi sul campione dopo aver proceduto alla perdita per riscaldamento (ASTM D 3607).

D2.2 Caratteristiche tipiche dei prodotti finali

Le caratteristiche finali degli oli ri-raffinati devono essere in accordo con quelle riportate in tabella D2.2.1.

Tabella D2.2.1 – Caratteristiche finali degli oli lubrificanti ri-raffinati

Parametro	Valori	Metodo
Colore (tipico)	L 0,5 – 2 per viscosità 20÷32 cst a 40°C	ASTM D 1500
	L 2 – 3 per viscosità 32÷100 cst a 40°C	ASTM D 1500
	L 3 – 5 per viscosità 100÷160 cst a 40°C	ASTM D 1500
Ceneri solfatate	max 0,005% m/m	ASTM D 874
Ceneri ossidate	max 0,005% m/m	ASTM D 482
PCB-PCT	max 25 ppm	EN 12766
Estratto al dimetil solfossido	max 3% m/m	IP 346
Numero di saponificazione	max 0,5 mg di KOH/g	ASTM D 94
Numero di neutralizzazione	max 0,05 mg di KOH/g	ASTM D 974
Residuo carbonioso Conradson	Olio con viscosità inferiore 100 mm^2/g a 40°C max 0,5% m/m	ASTM D 189
	Olio con viscosità superiore 100 mm^2/g a 40°C max 1% m/m	
Cloro	max 50 ppm	ASTM D 4929

Nell'ambito dei vari complessi di lavorazione dell'olio usato vengono ottenuti oltre alle basi lubrificanti alcuni sottoprodotti come gasoli, oli combustibili ed asfalti flussati le cui caratteristiche laddove previsto rientrano nelle norme doganali.

D3 Descrizione dei sottoprocessi e opzioni tecnologiche

Per ognuna delle macro-fasi citate nel paragrafo D1, si fornisce di seguito una sintetica descrizione delle opzioni tecnologiche.

Tre degli impianti presenti a livello nazionale utilizzano soltanto una delle tecniche in precedenza descritte per ogni macro-fase.

Alcune delle tecniche disponibili, se inserite all'interno di uno specifico ciclo produttivo, sono in grado di svolgere singolarmente la funzione di due distinte macro-fasi. Alcuni impianti utilizzano infatti una sola tecnica per due macro-fasi[3].

D3.1 Pretrattamento

Il pretrattamento ha come scopo la separazione dell'acqua e degli idrocarburi leggeri dall'olio usato e prevede varie opzioni tecnologiche. Le tecniche di pretrattamento, utilizzate a livello nazionale, qui analizzate sono: la Preflash, la Sedimentazione" e la Centrifugazione.

1. **<u>Pre-flash</u>** <u>(primaria per la rimozione dell'acqua e degli idrocarburi leggeri)</u>

a) **Principio di funzionamento**: attraverso il riscaldamento fino a 120-150°C a pressione atmosferica o leggermente sottovuoto, dall'olio usato si separano acqua e idrocarburi leggeri.

b) **Campo di applicazione:** si applica all'olio usato come prima fase di lavorazione per ottenere olio usato disidratato e privo degli idrocarburi più bassobollenti.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: l'impianto è costituito generalmente da un sistema di riscaldamento (scambiatori di calore) e da una colonna di flash oppure da evaporatore a film sottile, oltre al sistema di recupero e separazione di fase dei vapori prodotti (acqua ed idrocarburi leggeri).

d) **Efficienza dei sistemi**: detto sistema se correttamente dimensionato permette la completa disidratazione dell'olio usato anche con contenuti di acqua al limite superiore del range di accettabilità (15%) e la rimozione della prima frazione idrocarburica leggera.

e) **Parametri di dimensionamento**: gli impianti vengono dimensionati a partire dalla capacità di lavorazione richiesta e in funzione del contenuto di acqua ed idrocarburi leggeri da rimuovere.

f) **Elementi ausiliari**: gli impianti necessitano di sistemi di riscaldamento, alimentati in genere da vapore a media pressione o recuperando calore da altri flussi della filiera produttiva; necessitano inoltre anche di acqua di raffreddamento e delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

2. **<u>Sedimentazione</u>**

a) **Principio di funzionamento:** attraverso il riscaldamento in discontinuo a 80°C dell'olio usato caricato in batch si decantano acqua ed impurità.

b) **Campo di applicazione**: si applica all'olio usato tal quale successivamente allo stoccaggio negli appositi serbatoi dell'impianto.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: l'impianto è costituito da decantatori cilindrici verticali con fondo conico riscaldati con serpentine utilizzanti vapore.

[3] E' il caso della Deasfaltazione Termica (TDA), che svolge insieme la funzione del Cleaning e del Frazionamento, e dell'Evaporatore a Film Sottile (TFE), che svolge la funzione del Frazionamento e del Finissaggio.

d) **Efficienza dei sistemi**: detto sistema permette la parziale separazione dall'olio usato l'acqua ed i sedimenti.

e) **Parametri di dimensionamento**: l'impianto viene dimensionato in funzione quantità della carica ed il tempo di permanenza nei decantatori.

f) **Elementi ausiliari**: caldaia produzione vapore ed utilities.

3. <u>Centrifugazione</u>

a) **Principio di funzionamento**: riscaldamento a circa 80°C dell'olio usato e passaggio in centrifughe per separare acqua e sedimenti.

b) **Campo di applicazione**: si applica all'olio usato proveniente dal processo di sedimentazione.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: centrifughe a dischi con sistema automatico di pulizia alimentate attraverso uno scambiatore di riscaldamento.

d) **Efficienza dei sistemi**: separazione dall'olio usato di tutta l'acqua libera e di sedimenti.

e) **Parametri di dimensionamento**: quantità della carica, contenuto di acqua e sedimenti.

f) **Elementi ausiliari**: caldaia produzione vapore ed utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

D3.2 Cleaning

Con il Cleaning si rimuovono i composti pesanti (principalmente residui asfaltosi e gasolio) dall'olio usato già disidratato e privo della frazione idrocarburica leggera attraverso varie opzioni tecnologiche. Le tecniche di Cleaning qui analizzate sono: la Preflash Secondaria (PF-2), la Deasfaltazione Termica (TDA), la Deasfaltazione con Propano (PDA) ed il Trattamento Acido con Terre.

1. <u>Pre-flash secondaria per la rimozione degli idrocarburi leggeri (PF 2)</u>

a) **Principio di funzionamento**: attraverso il riscaldamento fino a 220-250°C a pressione atmosferica o leggermente sottovuoto, dall'olio usato anidro si separano gli idrocarburi leggeri.

b) **Campo di applicazione**: si applica all'olio usato già disidratato come seconda fase di lavorazione per ottenere olio usato completamente privo degli idrocarburi più bassobollenti.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: l'impianto è costituito generalmente da un sistema di riscaldamento (scambiatori di calore) e da una colonna di flash oppure da evaporatore a film sottile, oltre al sistema di recupero e separazione di fase dei vapori prodotti (acqua ed idrocarburi leggeri).

d) **Efficienza dei sistemi**: detto sistema se correttamente dimensionato permette la completa rimozione della frazione idrocarburica leggera.

e) **Parametri di dimensionamento**: gli impianti vengono dimensionati a partire dalla capacità di lavorazione richiesta e considerando il contenuto massimo di idrocarburi leggeri da rimuovere.

g) **Elementi ausiliari**: gli impianti necessitano di sistemi di riscaldamento in genere da vapore a media pressione e olio diatermico oltre a parziali recuperi di calore da altri flussi della filiera produttiva; necessitano anche di acqua di raffreddamento e delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

2. Deasfaltazione Termica (TDA)

a) **Principio di funzionamento**: attraverso un riscaldamento alla temperatura di circa 350°C seguito dal passaggio nella colonna di distillazione sottovuoto, in cui avviene la separazione dalle impurità residue contemporaneamente alla distillazione di lubrificanti, gasolio e residui asfaltici. La struttura della colonna permette di frazionare i prodotti in funzione del loro punto di ebollizione. I vari tagli di olio, di gasolio ed i residui asfaltici così ottenuti vengono poi inviati in sili di raccolta.

b) **Campo di applicazione**: si applica all'olio usato già disidratato e privo della frazione idrocarburica leggera, oppure in fasi più avanzate, a valle di un sistema di cleaning/demetallizzazione come sistema di frazionamento o distillazione sottovuoto.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: l'impianto è costituito generalmente da un forno di riscaldamento, da una colonna di distillazione ad alta efficienza di frazionamento, con relativi riempimenti strutturati, da un gruppo vuoto a tre stadi munito di condensatori intermedi e da colonne di strippaggio alimentate con vapore surriscaldato.

d) **Efficienza dei sistemi**: detto processo consente di rimuovere dall'olio usato disidratato circa il 13% dei composti pesanti ed il 7% di gasolio con una resa sulla carica di circa l'80%.

e) **Parametri di dimensionamento**: gli impianti vengono dimensionati a partire dalla capacità di lavorazione richiesta, considerando sia il contenuto massimo di composti pesanti da rimuovere, sia le caratteristiche finali attese dell'olio deasfaltato.

f) **Elementi ausiliari**: l'impianto necessita di vapore per gli eiettori e gli stripper oltre che di acqua di raffreddamento per le condensazioni e delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

Tale processo, oltre a svolgere la fase di Cleaning, funge anche da tecnica di Frazionamento.

3. Deasfaltazione con Propano mediante estrazione liquido/liquido (PDA)

a) **Principio di funzionamento:** utilizzando propano allo stato liquido come solvente in opportuni rapporti di massa con l'olio da deasfaltare attraverso il principio dell'estrazione con solvente, a determinate condizioni di temperatura e pressione, si rimuovono i composti pesanti dall'olio usato già disidratato e privo della frazione idrocarburica leggera generando sia "Olio deasfaltato" (DAO) sia "Residuo asfaltoso".

b) **Campo di applicazione:** si applica all'olio usato già disidratato e privo della frazione idrocarburica leggera, oppure in fasi più avanzate del processo di lavorazione per rimuovere i componenti più pesanti dal residuo di fondo del processo di distillazione sottovuoto.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: l'impianto è costituito generalmente da una colonna di estrazione detta anche contattore, dove avviene il processo di estrazione liquido/liquido, e da due differenti circuiti per il recupero del solvente (propano) sia dalla fase deasfaltata che dalla fase pesante; detti circuiti di recupero sono costituiti da colonne, da scambiatori di calore e da sistemi di raffreddamento e condensazione del propano.

d) **Efficienza dei sistemi**: il processo consente di rimuovere dall'olio usato circa il 90-95% della totalità dei composti pesanti rendendolo idoneo per le fasi di lavorazione successive.

e) **Parametri di dimensionamento**: gli impianti vengono dimensionati a partire dalla capacità di lavorazione richiesta e considerando il contenuto massimo di composti pesanti da rimuovere e le caratteristiche attese dell'olio deasfaltato.

f) **Elementi ausiliari**: gli impianti necessitano di sistemi di ricevimento e stoccaggio di propano per l'alimentazione all'impianto, oltre a sistemi di riscaldamento in genere alimentati da vapore a media pressione e olio diatermico, oltre a parziali recuperi di calore da altri flussi della filiera produttiva; necessitano inoltre anche d'acqua di raffreddamento per le condensazioni e delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

4. **Trattamento acido con terre**

a) **Principio di funzionamento:** il trattamento acido è mirato a rimuovere gli additivi, i polimeri e i prodotti ossidati degradati presenti nell'olio minerale usato tramite contatto con acido solforico (H_2SO_4). Successivamente all'olio trattato vengono addizionate terre decoloranti per rimuovere tramite assorbimento i composti indesiderati ancora presenti.

b) **Campo di applicazione**: si applica all'olio usato disidratato.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: l'olio disidratato viene inviato tramite pompe nei serbatoi dove subisce il trattamento acido con H_2SO_4 ed aria compressa. Dal trattamento acido si ottiene un olio minerale "pulito" e rifiuti come le melme acide costituite da composti precipitati (solfati). L'olio trattato viene successivamente inviato nei serbatoi, ove vengono addizionate terre decoloranti tramite caricatori. Il composto olio-terre viene ottenuto sia tramite l'azione combinata della miscelazione per mezzo di agitatori presenti nei serbatoi e del calore fornito da vapore con scambiatori.

d) **Efficienza dei sistemi**: l'efficienza del sistema può essere valutata in termini di perdita di olio durante il processo. Tale perdita può essere stimata in circa 15 - 20 % dell'olio minerale usato in ingresso.

e) **Parametri di dimensionamento**: il parametro principale per il dimensionamento dell'impianto è costituito dalla quantità di olio usato da trattare.

f) **Elementi ausiliari**: dal trattamento acido con terre decoloranti si generano emissioni in atmosfera che contengono inquinanti (Vedi tabella C5.3.1). Tali emissioni devono essere trattate in opportuni impianti di abbattimento al fine di ridurre se non eliminare la presenza degli inquinanti, in accordo alla normativa vigente. Il trattamento acido con terre decoloranti genera rifiuti pericolosi (ad esempio le melme acide) che devono essere trattati presso impianti autorizzati. Infine necessitano inoltre delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

D3.3 Frazionamento

Attraverso il frazionamento si ottiene la suddivisione dell'olio, precedentemente sottoposto alle fasi di pretrattamento e di cleaning, in vari tagli con diverso grado di viscosità. La tecnica di frazionamento più comunemente applicata è la Distillazione Frazionata Sottovuoto detta VACUUM.

Alcuni cicli produttivi utilizzano tecniche che uniscono le due macro-fasi del processo. E' il caso del TDA (Deasfaltazione Termica - sopra descritto) e del TFE (Evaporatore a Film Sottile) che svolge unitamente sia la fase di Frazionamento che di Finissaggio.

1. <u>VACUUM - Distillazione Frazionata Sottovuoto</u>

a) **Principio di funzionamento**: attraverso il principio della distillazione sottovuoto (effettuato a determinate condizioni di temperatura) l'olio usato pretrattato e dopo le fasi di cleaning viene frazionato in vari tagli di lubrificante semilavorato a diverse caratteristiche reologiche, da una frazione idrocarburica di testa costituita da gasolio e da un residuo di fondo che se assoggettato ad ulteriori fasi di cleaning costituisce la frazione a viscosità più elevata tra i lubrificanti semilavorati.

b) **Campo di applicazione**: si applica all'olio usato già disidratato, privo della frazione idrocarburica leggera e della frazione più pesante rimossa nei processi di cleaning.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: l'impianto è costituito generalmente da una colonna di distillazione a piatti e/o a riempimenti strutturati con annesse colonne di strippaggio dei tagli laterali. Generalmente i livelli termici elevati dei tagli laterali e del residuo di fondo consentono dei recuperi termici ad altri streams di altri processi inseriti nella filiera produttiva.

d) **Efficienza dei sistemi**: detto processo consente di avere dei tagli di lubrificanti semilavorati molto ben definiti e pronti per essere assoggettati ai processi di finishing.

e) **Parametri di dimensionamento**: gli impianti vengono dimensionati a partire dalla capacità di lavorazione richiesta e considerando la curva di distillazione della carica.

f) **Elementi ausiliari**: gli impianti necessitano di sistemi di riscaldamento, in genere, costituiti da forni alimentati a metano e da scambiatori ad olio diatermico; necessitano inoltre di acqua di raffreddamento e di vapore di media pressione per i sistemi di vuoto e delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

2. <u>Evaporatore a film sottile (TFE)</u>

a) **Principio di funzionamento**: riscaldamento a temperatura tra 320°C e 340°C in un evaporatore a film sottile sotto vuoto spinto con dosaggio di reagenti chimici (soluzioni alcaline concentrate).

b) **Campo di applicazione**: il processo si applica al prodotto di fondo del preflash secondario.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: evaporatore a film sottile riscaldato munito di camicia e riscaldato con olio diatermico, sistema di condensatori a riflusso e condensatore di testa raffreddato ad acqua.

d) **Efficienza dei sistemi**: separazione del residuo bituminoso dalle frazioni lubrificanti.

e) **Parametri di dimensionamento:** gli impianti vengono dimensionati a partire dalla quantità della carica ed in relazione alla quantità da evaporare alla superficie di scambio dell'evaporatore.

f) **Elementi ausiliari**: necessita impianto di riscaldamento a circolazione di olio diatermico, impianto di produzione vuoto e delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

D3.4 Finissaggio

Il Finissaggio è l'ultima delle macro-fasi del ciclo produttivo che si applica alle basi lubrificanti semilavorate in uscita dall'unità di Frazionamento o di Cleaning. In tale fase le basi lubrificanti migliorano le proprie caratteristiche, soprattutto colore e odore, dando luogo a basi lubrificanti finite.

Le tecniche di Finissaggio qui analizzate sono l'Hydrofinishing, la Deparaffinazione con Terre applicabile solo a basi con viscosità molto elevata e già trattate con Hydrofinishing, la Filtrazione con terre e la TFE (Evaporatore a Film Sottile – descritto tra le tecniche di Frazionamento) svolgono insieme le fasi di Frazionamento e di Finissaggio.

1. <u>Hydrofinishing</u>

a) **Principio di funzionamento**: le basi lubrificanti semilavorate e l'eventuale output di sistemi di deasfaltazione con propano vengono inviati separatamente al processo di idrogenazione catalitica, dove, miscelati con idrogeno puro in genere autoprodotto mediante impianti di steam-reforming, migliorano le proprie caratteristiche come colore, odore, stabilità all'ossidazione e caratteristiche tossicologiche.

b) **Campo di applicazione:** l'impianto tratta le basi lubrificanti semilavorate in uscita da unità di frazionamento ed eventualmente previo trattamento in unità di deasfaltazione con propano.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: l'impianto è generalmente costituito da una sezione di reazione con forno e reattore, da una sezione di riciclo e recupero dell'idrogeno in eccesso e da una sezione sottovuoto di strippaggio ed essiccazione dell'olio prima dell'invio a stoccaggio. Taluni impianti che lavorano a condizioni d'esercizio molto severe (100 bar ed oltre) dispongono anche di unità accessorie di lavaggio dei gas di riciclo e di recupero dello zolfo rimosso.

d) **Efficienza dei sistemi**: tali impianti hanno in genere un resa molto elevata che va dal 94 al 98% sulla carica.

e) **Parametri di dimensionamento**: gli impianti vengono dimensionati a partire dalla capacità di lavorazione richiesta e considerando le caratteristiche qualitative dei semilavorati avendo come target quelle dei prodotti finiti da ottenere.

f) **Elementi ausiliari:** gli impianti necessitano di sistemi di riscaldamento in genere costituiti da forni alimentati a metano oltre a scambiatori ad olio diatermico; necessitano anche di acqua di raffreddamento per le condensazioni e di vapore di media pressione per i sistemi di vuoto e delle utilities (EE, acqua, aria, vapore,

ecc.). Ovviamente necessitano anche di sistemi di produzione idrogeno (Steam Reforming).

2. Deparaffinazione con terre

a) **Principio di funzionamento**: attraverso la filtrazione a freddo con terre (farine fossili), si trattiene la paraffina residuale contenuta nelle basi lubrificanti più viscose ottenendo un prodotto dall'aspetto migliore.

b) **Campo di applicazione**: si applica alle basi lubrificanti a viscosità più elevata già trattate all'hydrofinishing.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: tali impianti sono costituiti da elementi filtranti che fanno da supporto allo strato di terra in grado di trattenere a freddo le paraffine contenute nell'olio. Tali impianti funzionano a batch secondo le seguenti fasi: formazione del filtro di terra, filtrazione, asciugatura e scarico.

d) **Efficienza dei sistemi:** tali impianti consentono a determinate condizioni di rimuovere la paraffina che nelle basi ad elevata viscosità conferirebbe un aspetto non perfettamente limpido al lubrificante.

e) **Parametri di dimensionamento**: gli impianti vengono dimensionati a partire dalla capacità di lavorazione richiesta e considerando le caratteristiche qualitative dei semilavorati avendo come target quelle dei prodotti finiti da ottenere.

f) **Elementi ausiliari**: tali impianti necessitano di circuiti di raffreddamento per garantire basse temperature di raffreddamento oltre alle consuete utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

3. Filtrazione con terre

a) **Principio di funzionamento**: le basi lubrificanti semilavorate vengono addizionate con terre decoloranti per rimuovere tramite assorbimento i composti indesiderati ancora presenti. Questo trattamento è mirato fondamentalmente a migliorare alcune caratteristiche della base lubrificante come il colore.

b) **Campo di applicazione**: si applica all'olio minerale usato già parzialmente rigenerato.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: le basi lubrificanti semilavorate vengono inviate tramite pompe in serbatoi in cui vengono aggiunte le terre decoloranti. L'olio trattato viene successivamente inviato nei serbatoi, ove vengono addizionate terre decoloranti tramite caricatori. Il composto olio-terre viene ottenuto tramite l'azione combinata della miscelazione, per mezzo di agitatori presenti nei serbatoi, e del calore fornito da vapore con scambiatori ed infine filtrato tramite filtropressa.

d) **Efficienza dei sistemi**: l'efficienza del sistema può essere valutata in termini di perdita di olio durante il processo. In tal caso la perdita di olio relativamente al finissaggio "filtrazione con terre" è inclusa nella percentuale indicata al capitolo D. del "trattamento acido con terre".

e) **Parametri di dimensionamento**: sistemi di filtrazione correttamente dimensionati e scelti in funzione del prodotto da trattare possono essere in grado di recuperare completamente l'olio assorbito dalle terre.

f) **Elementi ausiliari**: dal trattamento di finissaggio con terre si generano emissioni in atmosfera durante la fase di filtrazione che contengono inquinanti (Vedi tabella C5.3.1). Tali emissioni devono essere presidiate da opportuni impianti di

abbattimento al fine di ridurre se non eliminare la presenza degli inquinanti. Il trattamento di finissaggio con terre decoloranti genera rifiuti pericolosi come le terre esauste che devono essere trattati in impianti autorizzati. L'impianto è dotato inoltre delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

4. Evaporatore a film sottile (TFE)

a) **Principio di funzionamento**: riscaldamento a temperatura tra 320 e 340°C in un evaporatore a film sottile sotto vuoto spinto con dosaggio di reagenti chimici (soluzioni alcaline concentrate).

b) **Campo di applicazione**: il processo si applica al prodotto di fondo del preflash secondario.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: evaporatore a film sottile riscaldato munito di camicia e riscaldato con olio diatermico, sistema di condensatori a riflusso e condensatore di testa raffreddato ad acqua.

d) **Efficienza dei sistemi**: separazione del residuo bituminoso dalle frazioni lubrificanti.

e) **Parametri di dimensionamento:** gli impianti vengono dimensionati a partire dalla quantità della carica ed in relazione alla quantità da evaporare alla superficie di scambio dell'evaporatore.

f) **Elementi ausiliari**: necessita impianto di riscaldamento a circolazione di olio diatermico, impianto di produzione vuoto e delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

5. Trattamento con acido e terre decoloranti

a) **Principio di funzionamento:** il trattamento acido è mirato a rimuovere gli additivi, i polimeri e i prodotti ossidati degradati presenti nell'olio minerale usato tramite contatto con acido solforico (H_2SO_4). Successivamente all'olio trattato vengono addizionate terre decoloranti per rimuovere tramite assorbimento i composti indesiderati ancora presenti.

b) **Campo di applicazione:** si applica all'olio distillato proveniente dal vacuum.

c) **Elementi e tipologie impiantistiche**: l'olio disidratato viene inviato tramite pompe nei serbatoi dove subisce il trattamento acido con H_2SO_4 ed aria compressa. Dal trattamento acido si ottiene un olio minerale "pulito" e rifiuti come le melme acide costituite da composti precipitati (solfati). L'olio trattato viene successivamente inviato nei serbatoi, ove vengono addizionate terre decoloranti tramite caricatori. Il composto olio-terre viene ottenuto tramite l'azione combinata della miscelazione, per mezzo di agitatori presenti nei serbatoi, e del calore fornito da vapore con scambiatori.

d) **Efficienza dei sistemi**: l'efficienza del sistema può essere valutata in termini di perdita di olio durante il processo. Tale perdita può essere stimata in circa 7 - 8 % dell'olio minerale distillato in ingresso.

e) **Parametri di dimensionamento**: il parametro principale per il dimensionamento dell'impianto è costituito dalla quantità di olio distillato da trattare.

f) **Elementi ausiliari**: dal trattamento acido con terre decoloranti si generano emissioni in atmosfera che contengono inquinanti (Vedi tabella C5.3.1). Tali emissioni devono essere trattate in opportuni impianti di abbattimento al fine di

ridurre se non eliminare la presenza degli inquinanti, in accordo alla normativa vigente. Il trattamento acido con terre decoloranti genera rifiuti pericolosi(quali le melme acide) che devono essere trattate in impianti autorizzati. Infine necessitano inoltre delle utilities (EE, acqua, aria, vapore, ecc.).

D4 Conformazioni impiantistiche/situazione italiana

La rigenerazione è il processo che meglio utilizza le capacità dell'olio di essere riutilizzato.

Come già precedentemente detto la rigenerazione degli oli usati viene effettuata in Italia nei 5 impianti consortili. Si riporta, di seguito, la tabella C4.3.1 relativa alle tecniche applicate da ciascun impianto.

Tabella C4.3.1 – Tecniche applicate negli impianti di rigenerazione

Impianto	N°	Pretrattamento	Cleaning	Frazionamento	Finissaggio
Viscolube SpA – Pieve Fissiraga	1	Preflash	Deasfaltazione Termica		Hydrofinishing
Viscolube SpA – Ceccano	2	Preflash 1	Preflash 2 Deasfaltazione con Propano	Vacuum	Hydrofinishing
Distoms Srl	3	Sedimentazione e Centrifugazione	Preflash 1 Preflash 2	Evaporatore a Film Sottile	
Siro SpA	4	Preflash	Trattamento con Acidi e Terre	Vacuum	Trattamento con Terre
RA.M.OIL SpA	5	Preflash 1	Preflash 2	Evaporatore a Film Sottile	Trattamento con Acidi e Terre

Nonché le figure riportanti i relativi sistemi a blocchi

- Figura D4.1 - Impianto N° 1 Stabilimento Viscolube SpA di Pieve Fissiraga
- Figura D4.2 - Impianto N° 2 Stabilimento Viscolube SpA di Ceccano
- Figura D4.3 - Impianto N° 3 Stabilimento DISTOMS
- Figura D4.4 - Impianto N° 4 Stabilimento SIRO
- Figura D4.5 - Impianto N° 5 Stabilimento RA.M.OIL

Figura D4.1 - Impianto N° 1 – Stabilimento Viscolube SpA di Pieve Fissiraga (Schema a blocchi)

Legenda
EG = emissioni gassose
RL = reflui liquidi
R = rifiuti

Pretrattamento: Preflash

Stoccaggio olio minerale esausto
EG: sfiati serbatoi
Trattamento sostanze organiche con carboni attivi
Disidratazione sottovuoto
EG: sfiati gruppo vuoto
RL: miscela acqua e idrocarburi leggeri
L'acqua è inviata a trattamento biologico e gli idrocarburi leggeri smaltiti come rifiuto
Olio minerale disidratato

Cleaning / frazionamento: TDA

Riscaldamento olio disidratato e ingresso in colonna di distillazione
EG: sfiati gas incondensabili gruppi vuoto
RL: miscela acqua e gasolio

Finissaggio: hydrofinishing

Riscaldamento olio + H2
Produzione idrogeno
Reattori catalitici
R: catalizzatore esausto
Rifiuto destinato a smaltimento
Acqua di make up
Washing
EG: gas di spurgo discontinuo
Combustione in torcia
Impianto ammine
EG: H2S
Trattamento di recupero zolfo
EG: tail gas
stripper
EG: H2S
Trattamento tramite assorbitore amminico
dryer
FG: fuel gas
Immesso nella linea fuel gas di stabilimento
EG: sfiati gas incondensabili gruppi vuoto

Servizi accessori

Energia elettrica
Centrale Termica vapore
Metano, energia elettrica, acqua
Impianto di raffreddamento a circuito chiuso con torri evaporative
Energia elettrica, acqua
Forno di processo
Metano, energia elettrica
Forno combustore
Trattamento Biologico

Figura D4.2 - Impianto N° 2 Stabilimento Viscolube SpA di Ceccano (Schema a blocchi)

Figura D4.3 - Impianto N° 3 Stabilimento DISTOMS
(Schema a blocchi)

Legenda
EG = emissioni gassose
RL = reflui liquidi
R = rifiuti

Pretrattamento: Preflash

Stoccaggio olio minerale esausto
EG: sfiati serbatoi
Trattamento sostanze organiche con carboni attivi
Decantazione centrifugazione
EG: sfiati apparecchi
Invio a forno di incenerimento
RL: acque di processo
Invio ad impianto di trattamento
Olio minerale disidratato

Cleaning : Preflash primario

Disidratazione sottovuoto
EG: sfiati gruppi vuoto
Invio a forno di incenerimento
RL: acque di processo
Invio ad impianto di trattamento

Cleaning : Preflash secondario

Colonna di distillazione sottovuoto per estrarre gasolio
EG: sfiati gruppi vuoto e sfiati serbatoi
Invio a forno di incenerimento
RL: acque di processo
Invio ad impianto di trattamento

Frazionamento: TFE

TFE distillazione in evaporatore a strato sottile
EG: sfiati gruppi vuoto e sfiati serbatoi
Invio a forno di incenerimento
RL: acque di processo
Invio ad impianto di trattamento
Stoccaggio residui bituminosi

Finissaggio

TFE distillazione in evaporatore a strato sottile
EG: sfiati gruppi vuoto e sfiati serbatoi
Invio a forno di incenerimento
RL: acque di processo
Invio ad impianto di trattamento
Stoccaggio basi lubrificanti

Energia elettrica
Centrale Termica vapore olio diatermico
Gasolio/olio combustibile, energia elettrica, acqua
EMISSIONI IN ATMOSFERA, RUMORE, RIFIUTI DA MANUTENZIONE IMPIANTI
Servizi accessori all'impianto

Figura D4.4 - Impianto N° 4 Stabilimento SIRO
(Schema a blocchi)

Legenda
EG = emissioni gassose
RL = reflui liquidi
R = rifiuti

Pretrattamento: Preflash

Stoccaggio olio minerale esausto
EG: sfiati serbatoi
Trattamento sostanze organiche con carboni attivi
Disidratazione sottovuoto
EG: sfiati pompe
Olio diatermico
Olio minerale disidratato
Miscela acqua e gasolio

Cleaning: trattamento acido con terre

Trattamento acido
EG: sfiati serbatoi
Trattamento sostanze organiche con carboni attivi
Acido solforico
R: melme acide
Avviamento a corretto recupero / smaltimento
aggiunta terre decoloranti
vapore
Terre decoloranti
EG: sfiati serbatoi
Trattamento sostanze organiche con carboni attivi

Frazionamento

Riscaldamento composto olio-terre
EG: gas incondensabili
Colonna di distillazione
EG: sfiati serbatoi e pompe del vuoto
RL: acque di raffreddamento
Scarico in corpo idrico superficiale
Miscela acqua e gasolio

Finissaggio: trattamento con terre

aggiunta terre decoloranti
vapore
Terre decoloranti
EG: sfiati serbatoi
Trattamento sostanze organiche con carboni attivi
filtrazione
EG: aria raffreddamento filtri
Trattamento nebbie oleose con filtro a coalescenza
R: terre esauste
Avviamento a corretto recupero / smaltimento
Stoccaggio basi lubrificanti
EG: sfiati serbatoi
Trattamento sostanze organiche con carboni attivi

Trattamento con carboni attivi e scrubber

Energia elettrica
Centrale termica
Emungimento acqua di raffreddamento da pozzo
Forno di processo
EG: gas incondensabili combusti
Metano, energia elettrica, acqua
Energia elettrica, acqua
Metano, energia elettrica
EMISSIONI IN ATMOSFERA, RUMORE, RIFIUTI DA MANUTENZIONE IMPIANTI

Servizi accessori all'impianto

Figura D4.5 - Impianto N° 5 Stabilimento RA.M.OIL
(Schema a blocchi)

Legenda
EG = emissioni gassose
RL = reflui liquidi
R = rifiuti

Pretrattamento: Preflash

Stoccaggio olio minerale esausto
EG: sfiati serbatoi
vapore
Disidratazione sottovuoto
Stripping acqua e solventi
RL: Miscela acqua e diluenti
EG: Incondensabili
Olio minerale disidratato
Torre di quenching
Scrubber alcalino
Demister
Precipitatori elettrostatici
Inceneritore
EG: Fumi

Cleaning Preflash secondario

Olio diatermico
Colonna di strippaggio
EG: incondesabili GV
RL: condensabili GV
Gasolio
EG: solventi
Impianto strippaggio solventi (flash)
RL: acque reflue
Impianto trattamento acque

Frazionamento

Olio diatermico
Evaporatori a film sottile
RL: condesabili GV
EG: incondensabili
Residuo di fondo

Finissaggio: trattamento acido e terre

Acido solforico
Trattamento con acido solforico
EG: SO_2
R: catrami acidi a recupero
Torre di assorbimento alcalina
Olio acidificato
vapore
Terre decoloranti
R: terre esauste
Decolorazione
EG: pompe da vuoto
RL: pompe da vuoto
Torre di assorbimento alcalina
EG: sfiato serbatoi
Olio base a stoccaggio
Impianto trattamento acque

Energia elettrica
Centrale termica
Emunzione acqua di raffreddamento da pozzo
Centrale aria compressa
Gasolio, energia elettrica, acqua
Energia elettrica, acqua
Energia elettrica
EMISSIONI IN ATMOSFERA, RUMORE, RIFIUTI DA MANUTENZIONE IMPIANTI

Servizi accessori all'impianto

D4.1 Panoramica sui Sistemi di Gestione

L'adozione di sistemi di certificazione ambientale secondo le norme ISO 9000 e EN ISO 14001 e soprattutto la registrazione EMAS degli impianti, ai sensi del regolamento sono elementi importanti di valutazione dell'efficienza, sotto il profilo ambientale, dei sistemi di gestione adottati nelle diverse tipologie di impianti, è considerata essa stessa una BAT.

Si ritiene, pertanto, utile fornire un quadro della situazione attuale e attesa relativamente agli impianti italiani di rigenerazione (tabella D4.1.1).

Tabella D4.1.1 – Sistemi di gestione

Impianto	N°	Qualità ISO 9000		Sicurezza OHSAS 18001 – UNI 10617	
		In essere	**Attesa**	**In essere**	**Attesa**
Viscolube SpA – Pieve Fissiraga	1	ISO 9001-2000 (Anno 2003)			OHSAS 18001 (Anno 2004)
Viscolube SpA – Ceccano	2	ISO 9001-2000 (anno 2003)		UNI 10617 (Anno 2002)	
RA.M.OIL SpA	3	ISO 9002			
Distoms Srl	4		ISO 9001-2000 (Anno 2004/2005)		
Siro SpA	5				
Impianto	**N°**	**Ambiente ISO 14001 – EMAS**		**Responsabilità sociale SA 8000**	
		In essere	**Attesa**	**In essere**	**Attesa**
Viscolube SpA – Pieve Fissiraga	1		ISO 14001/EMAS (Anno 2005)		SA 8000 (Anno 2004)
Viscolube SpA – Ceccano	2		ISO 14001 (Anno 2004) EMAS (Anno 2006)		SA 8000 (Anno 2004)
RA.M.OIL SpA	3				
Distoms Srl	4				
Siro SpA	5		ISO 14001 (Anno 2004/ 2005)		

E DESCRIZIONE DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO PER LA INDIVIDUAZIONE DELLE BAT, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO, OVE DISPONIBILI, ALLE CONCLUSIONI DEI BREF (BAT REFERENCE DOCUMENT)

Il BRef "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries" è stato terminato nell'agosto 2005. In tale BRef sono analizzate le varie tecniche attualmente disponibili in Europa.

Di seguito vengono riportati concetti e dati estratti, se non diversamente indicato, dal BRef "Waste Treatments".

E1 Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

Il significato di BAT – Best Available Technique – è definito nell'art. 2 della Direttiva IPPC e dall'art. 2 comma 12 del D.Lgs. 372/99:
"la più efficiente ed avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso".

Nel BRef Waste Treatment, in linea di principio, sono ritenute BAT quei trattamenti capaci di rendere un rifiuto riutilizzabile o recuperabile con il minor impatto possibile sull'ambiente. Nel BRef sono quindi incluse le tecniche relative alla rigenerazione e all'utilizzo come combustibile degli oli usati. Non sono incluse le tecniche di incenerimento di rifiuti fine a se stessi.

E2 Aspetti tecnici e tecnologici dello specifico settore

Gli oli usati in ambito comunitario in accordo alla direttiva comunitaria 75/439/EEC vengono denominati Waste Oil (WO) e classificati come rifiuti pericolosi. La suddetta normativa altresì ne impone la raccolta separata ed il recupero.

La situazione, a livello comunitario, riguardo sia la produzione che la raccolta è la seguente:

- Nel 2000 sono stati prodotti 4.930 kt di olio base di cui circa il 65% come lubrificante (uso automobilistico, trasporti, ecc.) ed il restante 35% per usi industriali. Si stima che circa il 51% venga consumato durante l'uso (combustione, evaporazione, perdite, ecc.).
- Si stima che vengano prodotti (anno 2000) di 2.400 kt di olio usato di questi ne vengono raccolte approssimativamente 1.730 kt (il 70% proviene da motori a combustione interna, il 5% da olio industriale nero e il 25% da olio industriale leggero) il restante 770 kt (32%) viene bruciato o smaltito illegalmente.
- La capacità di ri-raffinazione degli oli usati, dei 39 impianti installati è pari a circa 2.100 kt/anno.

Nella tabella E2.1 appresso riportata, estratta dal BRef Waste treatment (1° draft capitolo 1 tabella 1.9) vengono elencati gli impianti di trattamento degli oli usati con l'indicazione ove possibile delle tecniche di trattamento utilizzate.

Tabella E2.1 - Impianti di ri-raffinazione d'olio usato in Europa

Località	Società	Capacità (kt/anno)	Note
Hautrage (Belgio)	Watco Oil Services	40	Processo Cracking Catalitico produzione di gasolio
Mottay & Pisard – Vilvoorde (Belgio)	Watco Oil Services	5	Processo con acido e terre (acid/clay) trattamento di olio industriale e olio per trasformatori.
Dollbergen (Germania)	Grasbrook Mineralól-Raffinerie Dollbergen	60	Processo ad evaporazione a film sottile (TFE) & refinery recycling. (IDEA Process)
Duisburg (Germania)	RMV	40	Processo con acido e terre (acid/clay) - Meinken Process, attualmente è in corso di sviluppo un nuovo processo della Meinken Process (non acido)
Esslingen (Germania)	Sud OI	40	Processo con acido e terre (acid/clay)
Eisenhuttenstadt (Germania)	British Petrus Oil	85	Unità parallele: Unità 1): Processo ad evaporazione a film sottile (TFE) / processo di distillazione (60 kt/anno) l'olio base distillato viene prodotto attraverso un impianto di hydrofinishing della capacità di 45 kt/anno. Unità 2): Estrazione con solvente/distillazione capacità 25 kt/anno
Horst Fuhse – Hamburg (Germania)	Banfeld Oel Horst Fühse Öl	100	Hofinol/Distillation, produzione 55 kt/anno d'olio base
Germania	Baufeld	120	Evaporazione a film sottile (TFE)
Germania	Südöl Mineralöl	--	Distillazione
Germania	Südöl Eislingen	45	Produzione 15 kt/anno d'olio base
Germania	KS-recycling	45	Distillazione
Germania	Petrus Germany	80	In fase di progetto
Germania	Puralube Marl	80	In fase di progetto
Germania	Anista Duisburg	100	Progettato per il 2004
Germania	Baufeld Duisburg	100	Produzione soltanto d'olio base
Germania	Baufeld Chemnitz	100	Produzione d'olio base 45 kt/anno
Germania	MRD Dollbergen	230	Produzione d'olio base 120 kt/anno
Germania	Schwarze Pumpe	160	Gassificazione degli oli in raffineria
Danimarca	Dansk Olie Genbrug	28	Processo Vaxxon per la produzione di combustibile da oli usati
Danimarca	Enprotec	--	Processo Vaxxon
Barcellona (Spagna)	Enprotec-Cator	42	Processo Vaxxon, produzione d'olio base 30 kt/anno
Madrid (Spagna)	Ecolube	27	Produzione soltanto d'olio base
Spagna	Urba Oil	40	In fase di progetto
Lillebonne (Francia)	Eco Huile	100	Processo con acido e terre (acid clay)/distillazione, produzione soltanto d'olio base
Rouen (Francia)	SARP company (Vivendi Group)	100	n.d.
Francia	Puralube	--	Progetto UOP/DCH

Segue

Tabella E2.1 - Impianti di ri-raffinazione d'olio usato in Europa (Seguito)

Località	Società	Capacità (kt/anno)	Note
Aspropyrgos (Grecia)	LPC Hellas	40	Processo ad evaporazione a film sottile (TFE), KTI + Processo a deasfaltazione con propano - PDA (IFP) produzione di 20 kt/anno d'olio base
Ceccano - Frosinone (Italia)	VISCOLUBE	84*	Processo Snamprogetti – preflash a 2 stadi distillazione sottovuoto, deasfaltazione con propano (PDA) a due stadi con hydrotreatment
Napoli (Italia)	RA.M.OIL	35*	Evaporazione a film sottile (TFE) con produzione soltanto d'olio base
Pieve Fissiraga (Italia)	VISCOLUBE	100*	Processo deasfaltazione termica (TDA) con finissaggio con terre
Italia	Oma	10*	Processo acid/clay
Corbetta - Milano (Italia)	Siro	9*	Processo con acido e terre (acid/clay), produzione soltanto d'olio base
Italia	EC.EN.ER	15*	Produzione soltanto d'olio base
Porto Torres (Italia)	Distoms	20*	Evaporazione a film sottile (TFE) con produzione soltanto d'olio base
Point of Ayr (Gran Bretagna)	Evergreen Environmentalì Services	--	--
Sneyd Hill near Stoke on Trent (Gran Bretagna)	Whelan Environmental	30	Processo Interline
Stourport on Severn (Gran Bretagna)	Orcol	9	Evaporazione a film sottile (TFE)/estrazione con solvente
Gran Bretagna	Petrus		Processo Interline
Gran Bretagna	OSS Group	10	Solo produzione d'olio base

Fonte: Draft reference document on best available techniques for the waste treatments industries – Draft February 2003.
* Per gli impianti nazionali è stata riportata la capacità di decreto.

I principali trattamenti applicati agli oli usati per produrre basi lubrificanti e/o l'utilizzo come combustibile, vengono sinteticamente riportati in Tabella E2.2.

Tabella E2.2 - Trattamenti recupero/utilizzo oli usati

Tipo di olio usato	Trattamento	Prodotti ottenuti
Olio usato di lavaggio	Riuso	Olio idraulico o da taglio Olio base per la produzione di olio da taglio
Olio di motori a combustione interna + Olio usato di lavaggio	Rigenerazione o ri-raffinazione	Basi lubrificanti
Tutti le tipologie di oli usati inclusi quelli sintetici	Thermal cracking	Prodotti di distillazione: - olio per combustione - olio combustibile demetallizzato - gasolio marino - olio base
Miscele di oli usati	Gassificazione	Gas di sintesi: - idrogeno - metanolo
Tutti le tipologie di oli usati pesanti	Raffinazione	Fuel oil demetallizzato: - gasolio marino - olio combustibile per impianti
	Combustione	Utilizzo diretto in: - produzione asfalto uso stradale - cementifici -- grandi motori marini - impianti produzione energia
	Termodistruzione	Smaltimento in: - inceneritori - cementifici - ecc.

Fonte: European Commission DG Environment A2 –Sustainable resources-consumption and waste - Critical review of exiting studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration waste oil (Final report December 2001).

In tabella E2.3. vengono sintetizzate le principali operazioni unitarie che costituiscono i processi di ri-raffinazione degli oli usati maggiormente utilizzati negli impianti di recupero.

Tabella E2.3 - Operazioni unitarie processi di raffinazione oli usati

Operazione unitaria	Descrizione
Pre-trattamento	Rimozione dell'acqua ed i sedimenti.
Cleaning	Separazione dei residui asfaltosi, i metalli pesanti e gli additivi dalla base lubrificante.
Distillazione/frazionamento	Separazione degli oli base attraverso differenti temperature di ebollizione produce due o tre tagli (frazioni di distillazione)
Finishing	Rimuovere gli IPA (PAHs) e migliorare le caratteristiche merceologiche del prodotto attraverso l'hydrofinishing.

Nel BRef vengono descritte nel dettaglio le "buone tecniche" ritenute le più rilevanti per determinare le BAT che, dal punto di vista ambientale possono contribuire al raggiungimento di una buona performance ambientale. Per la loro applicazione è necessaria la conoscenza delle seguenti informazioni: produzione, prevenzione, processi tecnici e controlli, minimizzazione e procedure tecniche di riciclo.

In tabella E2.4, tratta dal BRef Waste Treatments, viene mostrata sommariamente la struttura delle informazioni necessarie alla determinazione delle BAT.

Tabella E2.4 – Informazioni per la determinazione delle buone tecniche rilevanti

Tipologia informazione	Descrizione
Benefici ambientali attesi	Definizione dei principali impatti sull'ambiente generati dai processi ed individuazione delle tecniche da utilizzare (sistemi di abbattimento), includendo i valori delle emissioni conseguibili e le prestazioni in termine d'efficienza. Vantaggi ambientali della tecnica in questione confrontati con quelli di tecniche alternative.
Effetti secondari indotti	Valutazione degli effetti secondari e degli svantaggi causati dall'utilizzo della tecnica prescelta. Confronto della tecnica con le altre al fine di prevenire e risolvere problemi ambientali.
Dati d'esercizio	Dati prestazionali delle emissioni, dei rifiuti prodotti e consumi di materie prime (acqua ed energia), nonché altre informazioni della tecnica sulla gestione, manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti durante l'esercizio legati alla sicurezza.
Applicabilità	Considerazioni sullo stato dell'impianto (nuovo o esistente) la sua potenzialità (grossa o piccola) e disponibilità di spazi, includendo anche la definizione del trattamento dei residui di processo.
Dati economici	Informazioni dei costi (investimento e gestione) e degli eventuali risparmi gestionali (p.e. attraverso contenimento dei consumi delle materie prime, acqua ed energia e la produzione dei rifiuti) relativamente all'idoneità della tecnica.
Fattori d'implementazione	Individuazione delle condizioni locali per l'implementazione della tecnica, nonché informazioni per l'adozione di un Sistema di Gestione Ambientale.
Esempio di impianti	Referenze d'impianti operativi in Europa e nel resto del mondo. Se la tecnica del settore non viene applicata in Europa è necessaria una breve spiegazione giustificativa.
Letteratura tecnica	Fonti di letteratura per altre informazioni più dettagliate sulla tecnica.

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005"

Tra le tecnologie applicate nella rigenerazione dell'olio usato, nel BRef vengono citate le seguenti configurazioni impiantistiche:

- **Trattamento con le terre**: la resa è del 50% sull'olio usato disidratato, è ritenuto un processo superato, anche se risulta essere ancora quello maggiormente applicato nel mondo; dal punto di vista ambientale dà luogo a notevoli quantità di terre inquinate da olio che necessitano di un adeguato smaltimento, la qualità dei prodotti è media; i costi di investimento sono relativamente bassi.
- **Distillazione/trattamento chimico o estrazione con solvente**: la resa è compresa tra il 65 e il 70% sull'olio usato disidratato, gli IPA sono praticamente eliminati, la taglia media di un impianto è pari a 25 kt/anno. Un impianto con tali caratteristiche è presente in Spagna. Costi d'investimento: 29 M$ (1994) per una taglia da 108 kt/anno costituita dalle seguenti sezioni: colonna a vuoto di distillazione, trattamento con terre, trattamento chimico e stoccaggio.
- **Interline process:** la resa è del 79% sull'olio usato disidratato, la frazione finale dell'olio lavorato è miscelata con particolari additivi chimici allo scopo di abbattere i cloruri in quantità inferiore a 10 ppm e fino a 5 ppm nel reattore chimico.
- **TFE – Thin Film Evaporator accoppiato con processo di finissaggio**: sono realizzabili, con potenzialità comprese tra 25 e 160 kt/anno, le seguenti configurazioni impiantistiche: TFE - trattamento con terre: (resa compresa tra il 54 e il 73% sull'olio usato disidratato), TFE - hydrotreatment (resa del 72% sull'olio usato disidratato), TFE – estrazione con solvente (resa compresa tra il 50 e il 67%), TFE – estrazione con solvente – hydrofinishing (resa del 91%). Con tali caratteristiche tecniche sono i seguenti presenti impianti: uno a Newcastle

(Australia) e due in Germania (rispettivamente (85 e 160 kt/anno). Costi d'investimento: 43 M$ (1994) per un impianto da 108 kt/anno costituito da una colonna a vuoto di distillazione e da una sezione di hydrotreatment.

- **TDA – Thermal De-Asphalting Process**: la resa è del 74% sull'olio usato disidratato, se unito a finitura con le terre (taglia media compresa tra 100 e 180 kt/anno) e del 77% se combinato con hydrofinishing (taglia media compresa tra 40 e 100 kt/anno). Un impianto con queste caratteristiche è presente in Italia e due in paesi extracomunitari.
- **Riciclo in raffineria per olio lubrificante**: la resa è compresa tra il 65 – 70% sull'olio usato. La qualità dell'olio può essere migliorata quando l'impianto è composto dalle sezioni di pre-flash, de-asphalting e il trattamento con terre. Impianti con queste caratteristiche sono presenti in Germania. Esempio di costo: 45M$ (1994) per un impianto da 108 kt/anno, la presenza di infrastrutture può ridurre i costi d'investimento.
- **Lavorazione in raffineria:** sono possibili le seguenti configurazioni impiantistiche:
  a) L'olio usato è miscelato al greggio e prima di pervenire all'impianto è sottoposto al processo di dissalazione. I prodotti residui, della colonna a vuoto, contengono metalli ei composti solforati.
  b) L'olio usato pretrattato è miscelato con la corrente di fondo della colonna a vuoto. I metalli vengono incapsulati nell'asfalto e i cloruri vengono abbattuti nella sezione di cracking catalitico.
- **Hydrofinishing**: tale processo è caratterizzato da una resa molto alta e rappresenta altresì l'unico processo di rigenerazione approvato dall'API (American Petroleum Institute); oltre a fornire prodotti di ottima qualità (in termini di viscosità, colore e proprietà termiche), raggiunge un'ottima performance ambientale (riduce il residuo carbonioso Conradson, i metalli residui, gli IPA); di contro il costo dell'investimento iniziale è molto elevato e pertanto è applicabile soltanto agli impianti di dimensioni più significative (a partire da 50 kt/anno di olio usato lavorato).
- **Contatto diretto con processo hydrogenation:** tale processo contribuisce al conseguimento dei seguenti benefici ambientali:
  a) Alta efficienza di rimozione dei contaminanti contenuti nell'olio.
  b) Distruzione dei composti alogenati e ossigenati.
  c) Rifiuti a basso impatto ambientale(basso contenuto di zolfo).
  d) Riduzione nell'olio trattato della formazione di composti polimerici e del carbonio.
  e) Trattamento catalitico per favorire la conversione dei solfuri (composti tossici) a solfati (non tossici).
  f) Riciclaggio di gas ricco d'idrogeno.
  g) Neutralizzazione di gas acidi, in appositi reattori, con soda caustica.

  Impianti di queste caratteristiche sono presenti in Germania.
- **Estrazione con solvente:** gli IPA vengono rimossi mediante estrazione con solvente, il 98% del solvente può essere rigenerato. Impianti di queste caratteristiche sono presenti in Germania

Alla maggior parte delle tecniche citate si accompagna la fase di pre-trattamento, con una unità Pre-flash, e una fase di frazionamento mediante distillazione sottovuoto.

E3 Utilizzo termico degli oli usati

L'olio usato ha un alto potere calorifico (9.500 kCal/kg) e può essere utilizzato anche come combustibile in alcune applicazioni industriali, tal quale oppure riprocessato, in sostituzione del carbone, gasolio, olio leggero, ecc.

Nella tabella E3.1, estratta dal BRef Waste Treatments, paragrafo 2.5.2.4 tabella 2.16, viene riportata una sintesi delle tipologie di trattamento degli oli usati ed il settore industriale d'utilizzo come combustibile.

Tabella E3.1 - Trattamenti ed utilizzo olio usato come combustibile

Tipo di trattamento	Modificazione chimico-fisica dopo trattamento	Utilizzo come combustibile	Settore industriale d'utilizzo
Nessun trattamento, utilizzato direttamente in processi di combustione	Nessuna modificazione	Direttamente in forni, motori, ecc.	-Inceneritore per rifiuti -Cementifici -Produzione del calore (parcheggi, serre, ecc.) -Motori marini. -Cave di pietra.
Trattamento chimico-fisico blando	Rimozione acqua e sedimenti	Miscelato con olio combustibile	-Cementifici -Grandi motori marini -Essiccamento pietrisco per usi stradali. -Impianti produzione d'energia.
Trattamento spinto (Chimico o termico)	Demetallizzazione dell'olio pesante	Miscelato con olio combustibile	-Motori marini -Produzione calore
Thermal Cracking	Demetallizzazione e prodotti di cracking	Gasolio	-Utilizzo gasolio (olio da riscaldamento, gasolio per motori, forni, ecc.). -Utilizzo del olio pesante nei motori marini.
Gassificazione	Conversione in gas di sintesi (H_2 + CO)	Gas	-Produzione di metanolo -Grandi impianti di combustione (p.e. turbine a gas)

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005

E3.1 Utilizzo termico dell'olio usato senza alcun trattamento preliminare

E' un'opzione che in Europa dipende essenzialmente da fattori economici locali e dalle legislazioni nazionali. I settori interessati in cui l'olio viene direttamente utilizzato sono:

- Combustione nei forni a tamburo rotante per impianti di produzione cemento. Nell'unione Europea in Francia, Germania ed Italia vengono utilizzate complessivamente circa 400 kt di oli usati nell'industria del cemento, il vantaggio di utilizzare olio usato è rappresentato dall'alto potere calorifico rispetto ad altri rifiuti.
- Incenerimento come rifiuto (vedi "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration – July 2005").
- Industria siderurgica (vedi "Reference Document on Best Available Techniques on the production of Iron and Steel – December 2001").

Di particolare interesse è l'utilizzo dell'olio usato, nei i processi di produzione cemento in quanto essi abbisognano di grandi quantità d'energia: combustibile ed elettricità (che rappresenta fino al 70% dei costi variabili). A titolo informativo in tabella E3.1.1 vengono riportate le diverse forme d'energia utilizzate, in Francia e Germania, nel suddetto processo.

Tabella E3.1.1 - Combustibili utilizzati in Francia ed in Germania per la produzione di cemento

Tipo di combustibile	Francia	Germania
Combustibile solido:	*Totale 49%*	
• Carbone	9%	69%
• Pet coke	40%	
TAR ed altro	20%	
Olio pesante	3%	14%
Gas	1%	
Combustibile alternativo (SFL):	*Totale 27%*	*Totale 17%*
• Olio usato	9,4%	9%
• Altri rifiuti pericolosi (Vernici, solventi, ecc.)	10,6	
• Farine animali	4,5%	--
• Pneumatici	1,2%	8%
• Altri rifiuti industriali non pericolosi	1,3%	

Note: Percentuale calcolata sul potere calorifico.
Fonte: *Critical Review of existing Studies and Life Cycle Analysis on the Regeneration and Incineration of WO*" di Taylor Nelson Sofres Consulting.

E3.2 Utilizzo dell'olio usato dopo trattamento chimico-fisico blando

Tra i trattamenti chimico-fisico leggeri possiamo enumerare:

- La rimozione dell'acqua mediante riscaldamento a circa 70-80°C.
- La rimozione dei sedimenti mediante filtrazione; i reflui liquidi originati vengono inviati all'impianto di trattamento.
- La rimozione dei metalli e degli additivi mediante demineralizzazione chimica, tale processo genera fosfati, ossalati e solfati da smaltire. Sempre nell'ambito di tale trattamento è possibile produrre un combustibile di alta qualità utilizzabile in impianti di produzione energia. Nella tabella E3.2.1 estratta dal BRef Waste Treatments (paragrafo 2.5.2.4.2 tabella 2.17), viene riportata una sintesi dei settori di utilizzo degli oli usati sottoposti a detti trattamenti.

Tabella E3.2.1 – Utilizzo termico degli oli usati dopo trattamento chimico-fisico leggero

Settore di utilizzo	Descrizione	Nazione dove viene utilizzato
Materiale inerte e sue miscele con l'asfalto	L'olio viene utilizzato per produrre calore per l'essiccamento di materiale inerte utilizzato per la realizzazione di manti stradali. Tale materiale può essere successivamente triturato e miscelato con l'asfalto.	Processo comune in Belgio e Regno Unito. In Italia la legislazione vigente non ne permette l'utilizzo.
Calcare secco	L'olio usato viene utilizzato per produrre calore per la produzione di calcare secco. Alcuni contaminanti acidi vengono abbattuti dal materiale stesso.	---
Miscelato con olio combustibile	L'olio usato può essere miscelato con l'olio combustibile, in proporzioni tali da contenere la produzione di ceneri (generalmente 0,1% max) e la viscosità.	---
Produzione energia	L'olio usato viene utilizzato negli impianti di produzione energia alimentati con polverino di carbone.	---
Distribuzione calore mediante aerotermi	L'olio usato viene utilizzato per la produzione di calore e sua distribuzione mediante aerotermi in autorimesse, serre, officine, capannoni, ecc. Tali apparecchiature, generalmente di potenza inferiore a 10 MW, sono realizzate appositamente per quest'utilizzo, sono inoltre munite di un sistema di pretrattamento per rimuovere l'acqua ed i sedimenti	Con tale sistema nel Regno Unito vengono utilizzate circa 40 kt/anno d'olio usato. In Belgio e in Danimarca invece è permesso solo a valle di una autorizzazione per lo smaltimento dei rifiuti pericolosi.
Utilizzo marino	L'olio usato dopo essere stato sottoposto ai trattamenti di rimozione dell'acqua e dei sedimenti, miscelato con olio combustibile (in proporzioni tali da ottenere la viscosità richiesta) viene utilizzato come combustibile nei motori marini.	Spagna

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005

E3.3 Utilizzo termico dell'olio usato dopo trattamento chimico spinto (Chimico o termico)

Con tale processo vengono rimossi i prodotti di fondo, i metalli e gli incombustibili (ceneri, sabbia, ecc.) e viene prodotto un combustibile avente le stesse caratteristiche di oli combustibili convenzionali. Il processo viene effettuato in un processo di thermal cracking. Con tale processo si permette la conversione dell'olio usato in gasolio. Nella tabella E3.3.1 estratta dal BRef Waste Treatments (paragrafo 2.5.2.4.4 tabella 2.21), viene riportata una sintesi con le percentuali delle correnti relative ottenute in tre processi di thermal cracking.

Tabella E3.3.1 – Prodotti ottenuti dal processo di thermal cracking

Prodotto	**%**
Gas di scarico	5
Cherosene	8
Olio pesante demetallizzato o gasolio marino	77
Residui pesanti	10
Gas di scarico	10
Cherosene	15
Gasolio	65
Olio lubrificante leggero	Tracce
Residui pesanti	10
Gas di scarico	5
Cherosene	10
Gasolio	30
Olio lubrificante ri-raffinato leggero	45
Residui pesanti	10

Note:
Le percentuali sono relative a tre diversi impianti di thermal cracking.
Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005

E3.4 Utilizzo dell'olio usato per la gassificazione

Non vengono, nel BRef, citate le tecniche di gassificazione. Tuttavia è noto che la società Texaco è detentrice di una tecnologia di co-gassificazione degli oli usati con carbone ed ha realizzato, nel mondo oltre 100 impianti di grossa taglia per la produzione di gas di sintesi (H_2 e CO). In tale processo i metalli contenuti nell'olio usato vengono incapsulati negli inerti, i composti solforati vengono rimossi nel trattamento fumi (scrubber) e convertiti in zolfo elementare.

E4 Aspetti ambientali: i consumi (energetici, idrici, di materie prime)

Nel BRef (capitolo 3.4.2 - tabella 3.72) vengono riportati i consumi specifici delle varie tecniche di rigenerazione dell'olio usato.

La tabella E4.1 seguente, estratta dal BRef , mostra per ogni tipo di processo le materie prime e le relative quantità necessarie alla produzione. Le materie prime specifiche utilizzate nei processi analizzati sono le terre, in qualità di agente filtrante, il propano, nel caso di PDA (deasfaltazione con propano), l'idrogeno e il catalizzatore, in caso di hydro-finishing.

Tabella E4.1 - Consumi di materie prime nei processi di riciclaggio degli oli usati

Processo	Sostanze utilizzata nel processo	Consumi kg/t (olio usato)*
Processo acid/clay	Acido solforico (prodotti di reazione melme acide costituite da composti precipitati “solfati”). Terre di filtrazione e neutralizzazione	-- 36
Pretrattamento olio usato	Demulsionanti a supporto del processo di sedimentazione.	--
Processo distillation/clay	Terre di filtrazione	40
Propane deasfalting (PDA)	I consumi di energia sono più elevati rispetto alla rigenerazione con trattamento chimico o con hydrogeneration	--
TFE + clay	Terre di filtrazione	60
TFE + Hydrofinishing	Idrogeno e catalizzatori	--
TFE + Estrazione con solvente	Solvente	--
TFE + trattamento chimico + Estrazione con solvente	Energia Soda caustica Solvente	3,2 MJ/kg 10 0,3
TFE + Estrazione con solvente + Hydrofinishing	Idrogeno e catalizzatori Mohawk chemical Idrogeno	0,25 12 2
TDA (De-asfaltazione termica) + Clay treatment	Terre di filtrazione	100
TDA + Hydrofinishing (alta pressione)	Catalizzatori	0,5
PDA (De-asfaltazione con propano) + Hydrofinishing (media pressione)	Propano	8,25
Trattamento termico con terre	Combustibili fossili	4,26 MJ/kg (olio usato)
Con hydrofinishing	Energia	9,93 MJ/kg (olio usato)
Distillazione sottovuoto + trattamento chimico	Combustibili fossili Energia primaria Consumi d’acqua	47 kg eq crude oil 2.681 MJ 3.300
Processi di rigenerazione	Combustibili fossili	42,46 MJ/kg (olio usato)

Note:
* kg/t olio usato se non diversamente specificato.
Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005

Nel Waste Treatments BRef (paragrafo 3.4.2 - figura 3.5) vengono riportate le rese di quattro diverse configurazioni impiantistiche per la rigenerazione dell’olio usato.

La figura E4.1 seguente, estratta dal BRef, mostra per le configurazioni di cui sopra alcuni bilanci di materia semplificati.

Figura E4.1 – Bilancio di materia nelle configurazioni A, B, C e D

Configurazione impiantistica A

Olio Usato
100%
Pre-flash
7% Acqua
2% Gasolio leggero
90%
Deasfaltazione termica
6% Gasolio
12% Asfalto
73%
0,21% Acqua di make-up
Hydrofinishing
0,38% Liquido acido
0,20% Vapore acido
72,63%
Olio ri-raffinato

Configurazione impiantistica B

Olio Usato
100%
Pre-flash
7% Acqua
2% Gasolio leggero
90%
Deasfaltazione termica
6% Gasolio
25% Fondo
60%
Deasfaltazione con propano
Residuo
20%
0,21% Acqua di make-up
80%
Hydrofinishing
0,38% Liquido acido
0,20% Vapore acido
79,36%
Olio ri-raffinato

Configurazione impiantistica C

Olio Usato
100%
Pre-trattamento
Sedimenti
100%
Preflash
6% Gasolio
2% Prodotti leggeri
92%
Unità di distillazione a film sottile
6% Gasolio
12% Prodotto di fondo (Asfalto)
74,00%
3% Terre
Trattamento con terre
3% Terre filtrazione usate
1% Absorbed HC
77%
Unità di filtrazione
73%
Olio ri-raffinato

Configurazione impiantistica D

Olio Usato
100%
Pre-trattamento
Sedimenti
100%
Preflash
6% Acqua
2% Prodotti leggeri
92%
Unità di distillazione
6% Gasolio
12% Prodotto di fondo (Asfalto)
74%
Estrazione con solvente
7% Estratto
67%
Olio ri-raffinato

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005

I consumi specifici idrici ed energetici di un impianto che applica la tecnica TDA/HF per la rigenerazione dell'olio usato sono riportati nel Waste Treatments BRef al paragrafo 3.4.2. (tabella 3.84). La tabella E4.2, estratta dal BRef, indica i consumi per il tipo di processo considerato.

Tabella E4.2 - Consumi e servizi

Sistema tradizionale TDA/HF						
Consumi e servizi		**PF**	**TDA**	**HF**	**Totale**	**Unità di misura**
Consumi elettrici		1,5	12	20	33,5	kWh
Vapore a media pressione		285	322	70	677	kg
Acqua di raffreddamento (make-up) (a)		1,1	5	0,3	6,4	t
Combustibile (calore)		--	670	711	1380	MJ
Idrogeno		--		2,1	2,1	kg
Catalizzatori		--		0,2+0,05 (b)	0,2+0,05 (b)	t
Propano						kg
Sistema ad alto recupero						
Consumi e servizi	**PF**	**TDA**	**HF**	**PDA**	**Totale**	**Unità di misura**
Consumi elettrici	1,5	12	20	13	46,5	kWh
Vapore a media pressione	285	322	70	135	812	kg
Acqua di raffreddamento (make-up) (a)	1,1	5	0,3	4	10,4	t
Combustibile (calore)	--	670	711	920	2300	Mcal
Idrogeno	--		2.1	--	--	kg
Catalizzatori	--		0,2 + 0,05 (b)	--	0,2 + 0,05 (b)	t
Propano	--		--	0,8	0,8	kg

Note: Consumi calcolati un impianto di capacità pari a 100 kt/anno di olio usato con un contenuto d'acqua del 10%. Tali consumi parametrizzati sono espressi in unità/t olio usato.
HF: hydrofinishing, PDA: Propane de-asphalting, TDA: Thermal de-asphalting, PF: Pre-flash.
(a) Basato con 10 % perdite d'evaporazione.
(b) Demetallizzazione catalitica + Raffinazione catalitica.
Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005

E5 Aspetti ambientali: emissioni (in atmosfera, negli scarichi idrici, termiche, sonore, da vibrazione)

Relativamente alle emissioni prodotte dagli impianti di trattamento degli oli usati analizzate nel BRef, il documento presenta una serie di informazioni, a seconda del processo o della tecnica applicati.

Per quanto riguarda le emissioni in aria, gli impianti analizzati emettono principalmente Composti Organici Volatili (COV o, nella denominazione inglese, VOC). Le emissioni di COV se non contenute possono generare tra l'altro impatto odorigeno.

Gli inquinanti in acqua non risultano essere rilevanti dal punto di vista ambientale poiché tutti gli impianti che trattano oli lubrificanti usati si servono di depuratori, interni al sito e/o consortili. Gli inquinanti più rappresentativi presenti negli scarichi idrici sono costituiti da:

- COD.

- Solidi sospesi.
- Rame.
- Zinco.

Negli impianti che trattano ingenti quantità di olio usato possono essere presenti anche:

- Composti clorurati.
- Azoto totale.
- Fosforo totale.

Al paragrafo 4.4.1.14 del Waste Treatments BRef sono indicate alcune tecniche generiche per una corretta gestione delle acque effluenti. La figura E5.1 riporta uno schema a blocchi di un impianto di trattamento delle acque reflue in un processo di rigenerazione dell'olio usato.

La tabella E5.1 seguente mostra i livelli raggiungibili, in termini di concentrazione di COD e fenoli, attraverso l'utilizzo dell'impianto rappresentato nella figura E5.1.

L'origine degli inquinanti si fa risalire alla composizione degli oli lubrificanti in quanto essi contengono:

- dal 5% al 25% di additivi chimici;
- metalli e prodotti della combustione provenienti dai motori a combustione interna.

Tabella E5.1 - Benefici ambientali attesi

Punto *	COD	Fenoli
	(mg/l)	(mg/l)
1	17.000	180
2	120	1,5
3	250	2,2
4	160	1,4
5	150	1,4
6	130	0,45

Note:
* Il numero corrisponde alla corrente indicata nello schema a blocchi dell'impianto di depurazione (Figura E5.1).
Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005.

Benché le formule degli oli lubrificanti costituiscano un "segreto commerciale", sono state identificate alcune categorie di additivi presenti negli oli: additivi metallici, composti organici clorurati, idrocarburi aromatici, composti fenolici e naftaline; per maggiori informazioni si può far riferimento alle tabelle 3.79 e 3.80 del Waste Treatments BRef. Le conclusioni tratte a livello europeo, sulla base dell'identificazione dei suddetti additivi e sulla base delle varie analisi svolte in ambito comunitario, hanno evidenziato la presenza negli oli lubrificanti usati dei seguenti componenti ritenuti critici per l'inquinamento:

- COV.
- Composti dello zolfo e del cloro.
- Composti aromatici (alifatici).
- Metalli.
- IPA.
- PCB.

Figura E5.1 - Schema a blocchi impianto di trattamento delle acque reflue a servizio di un impianto di rigenerazione olio usato

Le emissioni inquinanti che si generano durante i vari processi di recupero degli oli usati, negli impianti di trattamento degli oli usati, sono trattate al paragrafo 3.4.3.1 del Waste Treatments BRef.

Nel seguito vengono sintetizzati tali aspetti riguardo sia l'origine che la metodologia di calcolo degli inquinanti, in particolare tali problematiche vengono esplicate nelle tabelle seguenti:

- La tabella E5.2, mostra per ogni tipologia d'inquinante il processo e/o la fase che l'origina nonché alcune note esplicative.
- La tabella E5.3, mostra le emissioni comuni degli inquinanti per recettore (aria, acqua e suolo).
- La tabella E5.4, mostra in forma matriciale l'allocazione delle varie sostanze contenute nell'olio usato in aria, nell'olio e in acqua.
- La tabella E5.5, mostra l'origine delle principali sorgenti di emissione (aria, acqua e discarica).
- La tabella E5.6, identifica gli inquinanti emessi (in aria e acqua) e i rifiuti solidi per singolo processo di trattamento di rigenerazione degli oli usati.

Tabella E5.2 – Origine degli inquinanti

Inquinante	**Processo e/o fase/**	**Note**
CO_2	Processi di combustione	--
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	Operazioni di ri-raffinazione	Costituiscono uno dei problemi durante la ri-raffinazione degli oli usati, tuttavia recenti prove, in impianti di nuova costruzione, indicano che è possibile rimuovere gli IPA all'interno dei processi di rigenerazione.
Idrocarburi clorurati	Solventi contenuti negli oli usati	Solventi e composti leggeri vengono rimossi durante l'eliminazione dell'acqua. I composti leggeri vengono distillati prima dei processi principali. Se la corrente alimenta la sezione di hydrotreater i composti clorurati possono essere rimossi.
Composti organici volatili (VOC)	Emissioni dagli stoccaggi	I VOC possono essere emessi dai serbatoi di stoccaggio e dalle relative tubazioni.
Odori	--	Gli odori rappresentano un importante problema degli impianti di ri-raffinazione.
Piombo	--	In particolari impianti di ri-raffinazione, il piombo è contenuto nei prodotti residui pesanti e risulta incapsulato nei residui bituminosi.
Metalli	Rigenerazione in raffineria	Il piombo volatile può dare problemi durante la combustione, tuttavia esso può essere rimosso nel reattore del processo di hydrotreater.
Acque reflue	Processi per la rimozione dell'acqua nell'olio usato	L'olio usato crea condizioni di pericolosità nell'acqua per i contaminanti dissolti in essa (Metalli come l'arsenico, cadmio, cromo e piombo).
Fanghi	Processi dell'olio usato	I fanghi possono contenere in concentrazioni varie metalli pesanti IPA, idrocarburi a catena lineare, solfuri e composti azotati. Possono inoltre contenere altri contaminanti come PCBs.
Contaminazione del suolo	Spillamenti e perdite	--

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005 (adattata dal GTR).

Tabella E5.3 – Emissioni comuni da impianti di trattamento oli usati

Recettori	Aria	Acqua	Suolo residui
Composti organici			
Benzene	Presente, ma di difficile ripartizione tra aria/acqua e suolo.	Presente, ma di difficile ripartizione tra aria/acqua e suolo. Composti polari	Presente, ma di difficile ripartizione tra aria/acqua e suolo.
Etil benzene (VOC)	Non esistono valori di riferimento	Si (come BTEX)	Si (come BTEX)
Toluene	--	Presente, ma di difficile ripartizione tra aria/acqua e suolo.	Presente, ma di difficile ripartizione tra aria/acqua e suolo.
Xileni	Si, alcuni valori, ma di difficile ripartizione tra aria/acqua e suolo.	Si, alcuni valori, ma di difficile ripartizione tra aria/acqua e suolo.	Si, alcuni valori, ma di difficile ripartizione tra aria/acqua e suolo.
COV (VOCs): BTEX (above raws) più un numero di alcani	Si, alcuni valori sono incompleti, e di difficile ripartizione tra aria/acqua e suolo. Gli alcani a catena corta sono probabilmente emessi in aria.	Il BTEX in particolari molecole polari, ma anche volatile, è presente in atmosfera in fase acquosa o vapore.	---
Naftalene	---	Disponibili alcuni valori	Disponibili alcuni valori
Bifenile	---	Valori disponibili limitati che possono essere non rilevanti	Valori disponibili limitati
Fenolo	Disponibili alcuni valori	Non sono disponibili valori rilevanti	Non sono disponibili valori rilevanti.
Composti dello zolfo e dell'azoto	L'incremento graduale di additivi a base d'azoto e di zolfo negli oli lubrificanti può richiedere una stazione di monitoraggio per gli stessi.	---	Presenti nei fanghi
PCBs e solventi clorurati (Individuati in alcune analisi)	---	Solventi e composti leggeri vengono rimossi durante il processo di dewatering. Gasolio e tagli leggeri vengono distillati a monte dei processi principali. Se la corrente degli idrocarburi viene direttamente alimenta l'hydrotreater i composti del cloro possono essere rimossi.	Presenti nei fanghi

Segue

Tabella E5.3 – Emissioni comuni da impianti di trattamento oli usati (Seguito)

Recettori	Aria	Acqua	Suolo residui
Composti organici			
Gli IPA (PAHs) costituiscono un problema negli impianti di ri-raffinazione degli oli usati. Tuttavia, in impianti, di recente costruzione, con processo di idrogenazione è possibile rimuovere gli IPA, l'azoto, lo zolfo, i metalli e i cloruri.	Nei processi di trattamento degli oli usati risulta improbabile che gli IPA siano emessi in atmosfera. Essi non sono composti volatili e la loro presenza in atmosfera è dovuta al rilascio dei prodotti di combustione dei combustibili fossili. Negli impianti di ri-raffinazione potenzialmente gli IPA possono essere emessi in quantità insignificanti durante il processo di filtrazione dell'olio.	Non sono disponibili valori rilevanti	Gli IPA altobollenti (non volatili), negli impianti di rigenerazione degli oli, sono presenti nella corrente dei residui e miscelati nell'asfalto. Altri IPA leggeri rimangono nell'olio lubrificante, oppure essere presenti nei fanghi. Non sono disponibili valori rilevanti
Altri inquinanti emessi in aria			
CO_2 da vari processi di combustione.	---	---	---
Odori	L'identificazione degli odori costituisce un importante problema negli impianti di ri-raffinazione degli oli usati.	---	---
Parametri tipici per l'acqua ed i residui			
Azoto totale	---	Additivi a base d'azoto e di fosforo.	Additivi a base d'azoto e di fosforo.
Fosforo totale	---	Additivi a base d'azoto e di fosforo.	Additivi a base d'azoto e di fosforo.
TOC	---	Calcolato dal COD come 1/3 del COD	Non disponibile eccettuato quello calcolato contenuto nell'olio, ma in quantità molto esigua (o COD).
Cloruri	---	Sono presenti come additivi nell'olio e provenienti dal cloruro di sodio utilizzato per impieghi stradali.	Additivi nell'olio e dal cloruro di sodio utilizzato per impieghi stradali.
Olio	---	L'olio è presente come inquinante sulla superficie dell'acqua e può contaminare l'acqua potabile.	Presente nei fanghi

Segue

Tabella E5.3 – Emissioni comuni da impianti di trattamento oli usati (Seguito)

Recettori	Aria	Acqua	Suolo residui
Metalli			
Metalli	---	---	I metalli provengono principalmente dai processi di rigenerazione. I metalli volatili vengono rimossi nel reattore del processo di Hydrotreatment è possibile la loro presenza nei fanghi.
Arsenico	Non attesi	Disponibili alcuni valori	Disponibili alcuni valori
Cadmio	Non attesi	Disponibili alcuni valori, ma oggetto di discussione	Disponibili alcuni valori, ma oggetto di discussione
Cromo	Non attesi	Disponibili alcuni valori	Disponibili alcuni valori
Rame	Non attesi	Valori disponibili limitati	Valori disponibili limitati
Piombo	Non attesi	Disponibili alcuni valori, ma oggetto di discussione	Disponibili alcuni valori, ma oggetto di discussione. In alcuni processi è possibile l'incapsulamento nel piombo nei prodotti bituminosi.
Manganese	Non attesi	--	--
Nichel	Non attesi	Si, ma valori non disponibili	Si, ma valori non disponibili
Zinco	Non attesi	Disponibili alcuni valori	Disponibili alcuni valori

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005.

Tabella E5.4 - Distribuzione delle varie sostanze contenute nell'olio usato in aria, nell'olio e in acqua

Sostanze in ingresso	Processo a caldo			Processo a freddo		
	Aria	**Olio**	**Acqua**	**Aria**	**Olio**	**Acqua**
Benzene	0,6	0,3	0,1	0,2	0,7	0,1
Toluene	0,3	0,7	0,0	0,1	0,9	0,0
Xileni	0,1	0,8	0,1		0,9	0,1
Naftalene		1			1	
Bifenili		1			1	
Benzoantracene		1			1	
Benzopirene		1			1	
Eptano	0,2	0,8			1	
Octano	0,1	0,9			1	
Nonano		1			1	
Decano		1			1	
Undecano		1			1	
Arsenico		1			1	
Cadmio		1			1	
Cromo		1			1	
Rame		1			1	
Piombo		1			1	
Nichel		1			1	
Zinco		1			1	

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005.Note: La tabella mostra la distribuzione delle sostanze nelle correnti di uscita. Per esempio nel processo a caldo 1 kg di benzene viene ripartito come segue: 0,6 kg in aria, 0,3 kg nell'olio e 0,1 kg nelle acque di scarico.

Tabella E5.5 – Principali tipi e sorgenti di emissione negli impianti di rigenerazione degli oli usati

Fase	In aria	In acqua	Da smaltire
Filtrazione	Olio nebulizzato		
Separazione magnetica	Olio nebulizzato		
Drenaggio serbatoio	Olio nebulizzato		
Scaricamento serbatoio	Sfiato serbatoio		
Filtrazione grossolana	Olio nebulizzato		
Stoccaggio principale	Sfiato serbatoio e da enventuali perdite	Acque di sedimentazione	Fanghi di sedimentazione
Sedimentazione a freddo	Sfiato serbatoio	Acque di sedimentazione	Fanghi di sedimentazione
Sedimentazione a caldo	Sfiato serbatoio	Acque di sedimentazione	Fanghi di sedimentazione
Setacciatura vibrante	Olio nebulizzato e vapori		Fanghi
Filtrazione a ciclo chiuso			Elementi usati e fanghi
Colonne di bauxite			Bauxite esaurita
Disidratazione	Vapori d'olio		
Miscelazione	Sfiato serbatoio		
Estrazione dei fanghi (stoccaggio e decantazione)	Sfiato serbatoio		
Effluenti da sedimentazione a freddo	Sfiato serbatoio		
Effluenti da sedimentazione a caldo	Sfiato serbatoio		
Effluenti da trattamento biologico	Aria d'aereazione		
Filtropressa			Fango essiccato
Separazione a piastra		Effluenti	
Movimentazione dei fanghi			Rifiuti solidi misti
Riscaldatore olio usato	Camino di scarico		
Intercettazione rifiuti	Dalle superfici pavimentate, ecc.		

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005.

Tabella E5.6 – Condizioni ambientali generate nelle diverse tecniche per la rigenerazione dell'olio usato

Processo	Emissioni (valori in kg/t di olio usato se non diversamente specificato)		
	Aria	**Acqua**	**Suolo e residui**
Separazione olio prima del trattamento aerobico.	Può produrre una serie di altre emissioni come metalli, naftaline, azoto aggiuntivo, toluene, xileni ed IPA (PAHs).	--	--
Lavaggio. Riciclo dell'olio industriale in ciclo chiuso	Nei processi di recupero le emissioni di COV sono comprese tra 20 e 40 mg/m^3	Acque di scarico	Il lavaggio può essere considerato sistema chiuso e genera quantità limitate di olio residuo. Il fango di filtrazione è contaminato e contiene il 20-30% d'olio. Questa corrente di rifiuto viene trattata con calce viva per essere resa idonea alla co-combustione in cementificio. L'accettabilità della tecnica che utilizza le terre come mezzo filtrante per la rimozione dei contaminanti è in declino a causa delle prescrizioni sempre più stringenti per il loro smaltimento in discarica. Questa tecnica è attualmente utilizzata in Nuova Zelanda, ma lo smaltimento delle terre contaminate è sempre più problematico.
Recupero di lubrificanti industriali	--	Acque di spurgo dai processi di dewatering	--
Distillazione sotto vuoto	La distillazione sottovuoto di olio usato produce composti solforati mercaptani (odorigeni) e IPA (PAHs), alcuni possono essere cancerogeni.	---	Tutti i metalli contenuti nell'olio usato finiscono nei residui del processo. Questi possono essere miscelati con il residuo di vuoto in proporzioni tali da avere le caratteristiche di un buon bitume per utilizzi stradali.
Distillazione / Trattamento con terre	---	---	Notevoli quantità di terre contenti olio devono essere smaltite. Nelle terre attivate sottoposte ad un processo ad alta temperatura diminuisce il rapporto terra/olio, ciò porta alla riduzione della quantità di rifiuti da destinare allo smaltimento.
TFE (Evaporatore a film sottile) + Trattamento con terre	---	Acqua: 90	Terre: 50 - 60 Bitume (metalli e additivi): 130 Fanghi e prodotti leggeri: 35 Vengono prodotti ulteriori rifiuti che richiedono smaltimento

Segue

Tabella E5.6 – Condizioni ambientali generate nelle diverse tecniche per la rigenerazione dell'olio usato (Seguito)

Processo	**Emissioni (valori in kg/t di olio usato se non diversamente specificato)**		
	Aria	**Acqua**	**Suolo e residui**
Trattamento acido/terre	--	--	Questo processo produce considerevoli quantità di fanghi e rifiuti solidi che richiedono uno smaltimento. Questi fanghi (acid tars) sono molto acidi e contengono alte concentrazioni di IPA (PAHs), acido solforico ed altri composti solforati nonché metalli provenienti dall'olio usato. Questi tars, a causa delle loro caratteristiche fisico/chimiche, non possono essere smaltiti in discarica. Tuttavia queste limitazioni possono essere superate operando nel seguente modo: • inviando, in forma granulare, il fango acido miscelato alle terre oleose presso impianti di produzione cemento. • i gas prodotti durante l'incenerimento necessitano di un trattamento con soda caustica e le acque di risulta del processo devono essere trattate. Il trattamento di neutralizzazione genera considerevoli quantità di rifiuti inerti come acid tars trattati • il trattamento produce acido solforico o SO_2. Le terre usate (il 4% in peso delle terre in alimentazione+olio in esse contenuto) necessitano dello stesso trattamento d'incenerimento sopradescritto.
Distillazione sotto vuoto + trattamento chimico o Trattamento con terre	---	---	Le terre esauste usate nel trattamento necessitano di essere smaltite in sicurezza. Le attuali alternative utilizzate prevedono l'incenerimento sia in forni per cementifici che in inceneritori per rifiuti chimici.
Distillazione sotto vuoto e hydrotreatment	Emissioni comuni a qualsiasi processo di produzione d'olio.	---	Lo smaltimento dei catalizzatori esausti del processo di hydrotreating deve essere affidato a società specializzate.
TFE (Evaporatore a film sottile) + Hydrofinishing	--	Acqua: 90	Fanghi e prodotti residuali: 30 Zolfo: 35 Bitume: 130
TFE (Evaporatore a film sottile) + Estrazione con solventi	--	Acqua: 90	Fanghi e prodotti residuali: 30 Estratto: 60 Bitume: 130

Segue

Tabella E5.6 – Condizioni ambientali generate nelle diverse tecniche per la rigenerazione dell'olio usato (Seguito)

Processo	Emissioni (valori in kg/t di olio usato se non diversamente specificato)		
	Aria	**Acqua**	**Suolo e residui**
TFE (Evaporatore a film sottile) + Estrazione con solventi + Hydrofinishing	---	Acqua: 65	Fanghi e prodotti residuali: 20 Zolfo: 4 Bitume: 160
TDA (Deasfaltazione termica) + Trattamento con terre	---	Acque di scarico: 770	Prodotti residuali/solventi: 35 Terre: 130 Bitumi (metalli e additivi): 120
TDA (Deasfaltazione termica) + Hydrofinishing (alta pressione)	---	Acque di scarico: 770	Prodotti residuali/solventi: 35 Catalizzatori esausti: 0.5 Bitume: 120
PDA (Deasfaltazione con propano) + Hydrofinishing (media pressione)	---	Acque di scarico: 770	Prodotti residuali/solventi: 30 Bitume: 130
Distillazione sotto vuoto + trattamento chimico	1.116 kg eq CO_2 2,8 kg eq SO_2 VOC: 0,04 kg eq. C_2H_4 3,6 g di particolato	0,0011 kg equivalenti di fosfati in acqua	Rifiuti a smaltimento: 24 Rifiuti a recupero: 33
Vaxon-Cator	---	Nessuna emissione	Prodotti residuali di scarsa importanza
Estrazione con solvente (Interline)	---	I residui delle acque di scarico vengono separati in apposite apparecchiature	Nessun residuo
DCH	---	Acque di scarico: 60	Bitume: 50; Catalizzatori esausti: 0,75

Segue

Tabella E5.6 – Condizioni ambientali generate nelle diverse tecniche per la rigenerazione dell'olio usato (Seguito)

Processo	Emissioni (valori in kg/t di olio usato se non diversamente specificato)		
	Aria	**Acqua**	**Suolo e residui**
TFE (Evaporatore a film sottile)	---	Le acque di processo, acque di decantazione provenienti dai serbatoi di stoccaggio contengono sostanze come glicoli, poliglicoli, esteri e glicerine, presentano un grado di COD che può variare tra 40.000 e 100.000 mg/l che vengono trattate negli impianti di depurazione.	I residui sono miscelati nella corrente secondaria dell'olio. I residui provenienti dal TFE sono miscelati nella corrente secondaria con altri residui prodotti in loco. La maggior parte dei composti organici dei metalli e degli additivi contenuti nei residui, sono rilasciati nei prodotti di combustione. Altri residui provenienti dagli stoccaggi ed i fanghi degli impianti di depurazione, sono centrifugati in loco per la separazione dell'olio ed i residui vengono smaltiti in discarica.
Stazione di trasferimento dell'olio usato	---	Acque di scarico: 102	Fanghi e residui solidi: 2,13 Frazioni di ferro: 85
Trattamento olio di trasformatori	---	---	Catalizzatori esausti di bauxite Contenitori e pallets
Trattamento di olio da rifiuti, olio da taglio, acque provenienti da cabine di verniciatura, rifiuti di fognatura, ecc.	---	Acque di scarico: 1.613	Fanghi pompabili: 47 Rifiuti di fondo da serbatoi e da filtrazione: 43
Ri-raffinazione olio lubrificante *	CO_2: 123 SO_2: 1,04 NO_x: 0,35	Acque di scarico: 84	Olio, rifiuti chimici, fanghi: 0,088

Segue

Tabella E5.6 – Condizioni ambientali generate nelle diverse tecniche per la rigenerazione dell'olio usato (Seguito)

Processo	Emissioni (valori in kg/t di olio usato se non diversamente specificato)		
	Aria	**Acqua**	**Suolo e residui**
Solventi usati per olio ed acque oleose	---	Acque di scarico: 444	Fanghi e residui solidi: 171
Trattamento acque oleose e perdite	---	Effluenti: 1.042	Residui di filtrazione e fanghi: 55
Refinery recycling	Provvedere ad un adeguato pretrattamento dell'olio usato allo scopo di rimuovere l'acqua ed i prodotti leggeri e ridurre il cloro organico contenuto, le emissioni sono quelle correlate ad una raffineria (vedi Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries).	---	I metalli sono incapsulati nell'asfalto per questo la loro lisciviazione è estremamente lenta. Tuttavia, negli impianti, alcuni problemi di danni derivanti dalla corrosione possono essere risolti prima di considerare le opzioni praticabili.
Integrazione nella raffineria dell'impianto di produzione lubrificanti	Potrebbe rilasciare particolati, solfuri, halides, metalli pesanti e loro ossidi in atmosfera.	---	La maggior parte degli additivi degli oli lubrificanti si concentrano in questo taglio. Dopo il processo d'estrazione con solventi i metalli contenuti nel residuo sono ancora lisciviabili. Durante il periodo invernale si riduce il mercato Questo potrebbe causare problemi per la formulazione dell'asfalto, specialmente nel periodo invernale quando il mercato rallenta. Questo taglio non può essere miscelato con l'olio pesante, non solo perché non rispetta le prove di filtrazione ma anche per motivi ambientali. I composti aromatici contaminati con cloro sono probabilmente da smaltire all'esterno della raffineria.
Rigenerazione	CO_2 equivalente (kg eq CO_2/kg di olio) 3,19 Potenziale di Acidificazione Potenziale (g eq. H+/kg di olio) 0,06 VOC emissioni (g/kg di olio): 9,05 CO emissioni (g CO/kg di olio) 9,74	COD (g COD/kg di olio): 35,02	Rifiuti (g/kg di olio): 411

Segue

Tabella E5.6 – Condizioni ambientali generate nelle diverse tecniche per la rigenerazione dell'olio usato (Scguito)

Processo	**Emissioni (valori in kg/t di olio usato se non diversamente specificato)**		
	Aria	**Acqua**	**Suolo c residui**
Miscela di olio minerale e sintetico, cherosene, rifiuti intercettati, idrocarburi alifatici cd aromatici, alcool, solventi clorati, esteri, eteri, aldeidi, chetoni, grassi e acqua	---	Acque di scarico: 836	Fanghi: 5,5

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005.

* Valori rifcribili ad un impianto di ri-raffinazionc di potenzialità pari a 26.000 t/anno d'olio usato disidratato c rclativa produzionc di: 8.000 t/anno di olio basc, 12.000 t/anno di gasolio e 4.000 t/anno di asfalto.

Per quanto riguarda gli aspetti ambientali specifici delle tecniche analizzate per l'Italia (e corrispondenti ad alcune delle tecniche analizzate nel Waste Treatments BRef, sono stati riportati al capitolo D gli schemi a blocchi indicanti, per ogni tecnica, le materie prime in ingresso, il tipo di tecnica applicata, le emissioni prodotte (aria, acqua, suolo) ed il trattamento adottato per il relativo abbattimento.

Alcune tabelle, già riportate al capitolo D, mostrano, per ogni tecnica analizzata per gli impianti in essere in Italia, i valori tipici delle emissioni in aria ed in acqua (espresse in kg/t di olio usato lavorato).

E6 Aspetti ambientali: produzione di rifiuti

Per quanto concerne la produzione di rifiuti di un impianto di rigenerazione di olio usato, il Waste Treatments BRef identifica i seguenti rifiuti tipici:

- Melme asfaltose.
- Terre esauste.
- Catalizzatori e melme oleose contenenti metalli pesanti, IPA, composti dello zolfo e dell'azoto.

I dati specifici sono stati riportati nella precedente tabella E 5.6.

Tali tabelle confermano le tipologie di rifiuti identificate nel Waste Treatments BRef come tipiche dei processi di rigenerazione degli oli usati.

E7 Aspetti ambientali: analisi dei rischi

Nel BRef Waste Treatments non sono disponibili informazioni relative a questo aspetto.

E8 Migliori tecniche e tecnologie

Nel capitolo 5 del Waste Treatments BRef vengono esposte le migliori tecniche disponibili per il trattamento degli oli usati.

Di seguito si riporta una sintesi delle conclusioni raggiunte a livello europeo.

Per la rigenerazione degli oli usati, si considera BAT:

- eseguire un accurato controllo del materiale in entrata al sistema, con il supporto di adeguate tecniche analitiche (viscosimetria, infrarossi, cromatografia e spettrometria di massa);
- eseguire controlli relativi alla presenza di solventi clorurati e PCBs;
- utilizzare la condensazione come trattamento per la fase gassosa dell'unità di distillazione flash;
- disporre di un adeguato sistema di aspirazione con linee di recupero vapori nelle zone di movimentazione e trattamento degli oli, collegato ad un idoneo sistema di trattamento termico/ossidativo o un impianto di adsorbimento a carboni attivi

- qualora siano presenti complosti clorurati, convogliare l'impianto di aspirazione verso un ossidatore termico con trattamento dei gas; se i composti clorurati sono presenti ad elevate concentrazioni, il sistema di trattamento preferibile è la condensazione seguita da uno scrubbing basico ed un letto a carboni attivi;
- utilizzare un trattamento di ossidazione termica ad 850°C con tempo di residenza di 2 sec. per i gas provenienti la distillazione vacuum o per l'aria proveniente dai riscaldatori di processo;
- utilizzare un sistema di produzione vuoto altamente efficiente
- riutilizzare, per la produzione di asfalti, i residui della distillazione sotto vuoto o dell'evaporatore a film sottile
- utilizzare un sistema di rigenerazione degli oli usati che garantisca rese superiori al 65% sull'olio usato disidratato
- ottenere i seguenti valori nelle acque di scarico in uscita dall'unità di rigenerazione:

Parametro acque di scarico	Concentrazione (mg/l)
Idrocarburi	<0,01 – 5
Fenoli	0,15 – 0,45

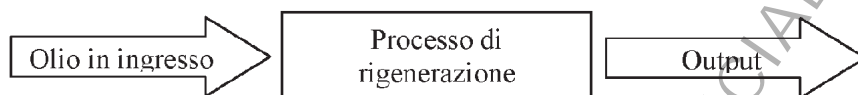
F APPROFONDIMENTO, OVE NECESSARIO, DELLE TECNICHE ANALIZZATE NEI BREF COMUNITARI E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DELLE DIVERSE TECNICHE

Relativamente alle tecniche analizzate nel Waste Treatments BRef (paragrafo 3.4.4 tabella 3.112) la tabella F.1 riporta i prodotti e relative quantità (espresse in kg/t di olio usato) ottenibili attraverso le varie tecniche di rigenerazione dell'olio usato.

Tabella F.1 – Prodotti e quantità delle tecniche di rigenerazione

Processi (De-asfaltazione, demetallizzazione + finissaggio)	Prodotti principali (Valori corrispondenti a kg/t di olio usato se non diversamente specificato)
Acido solforico + Trattamento terre	Bassa qualità di olio base ri-raffinato: 621 IPA (PAH) contenuti nell'olio base prodotto possono essere alti (da 4 a 17 volte più alti delle virgin base oils) Gasolio: 70
Tecnologia ENTRA	Alta qualità d'olio base ri-raffinato (gruppo II): 520 Frazione leggera: 170 Diesel: 170
Distillazione sotto vuoto	In un moderno impianto di distillazione sottovuoto le apparecchiature sono progettate per un processo che utilizza olio usato, il distillato prodotto ha un contenuti in metalli minore a 1 ppm (In accordo alle specifiche del licenziatario).
Distillazione sotto vuoto + Trattamento chimico delle terre	L'olio base prodotto con un trattamento con terre o attraverso un trattamento chimico ha un contenuto in metalli <1 ppm. Questo processo può non ridurre il contenuto di IPA (PAH) dell'olio base come nel processo di hydrotreatment.
Evaporazione a film sottile (TFE) + Trattamento delle terre	Media qualità d'olio base ri-raffinato: 530 – 650 Gasolio: 150
Evaporazione a film sottile (TFE) + Hydrofinishing	Alta qualità d'olio base ri-raffinato: 630 Gasolio: 100
Evaporazione a film sottile (TFE) + Estrazione con solventi	Alta qualità d'olio base ri-raffinato: 600 Gasolio: 120 – 150
Evaporazione a film sottile (TFE) + Estrazione con solventi + Hydrofinishing	Alta qualità d'olio base ri-raffinato Lubrificante gruppo II: 370 Lubrificante gruppo I: 300 Gasolio: 85
Deasfaltazione termica (TDA) + Trattamento delle terre	Media qualità d'olio base ri-raffinato: 500 – 600 Gasolio: 60 – 80
Deasfaltazione termica (TDA) + Hydrofinishing (alta pressione)	Alta qualità d'olio base ri-raffinato: 670 Gasolio: 70
Deasfaltazione con propano (PDA) + Hydrofinishing (media pressione)	Alta qualità d'olio base ri-raffinato: 660 – 700 Gasolio: 43 – 55 Questo processo dà luogo a prodotti più commerciali rispetto alla rigenerazione con trattamento chimico o attraverso hydrogenation
Direct Contact Hydrogenation (DCHTM Process)	Olio base (gruppo II): 770-820 Frazione leggera: 20-40 Combustibile pesante o diesel: 70-80
Con trattamento termico delle terre	--
Con hydrofinishing	--
Distillazione sotto + trattamento chimico	Olio base: 540 Olio combustibile: 6.105 MJ Flussante per bitume: 48 Altri combustibili: 3.720 MJ Risparmio di combustibile

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005"

Di seguito si riportano i dati indicativi sulla resa delle varie tecniche adottate in Italia indicate dagli operatori del settore. Il procedimento di calcolo per il rendimento di rigenerazione è calcolato come rapporto % tra l'olio rigenerato (pronto per la commercializzazione) e l'olio usato in entrata all'impianto. Questo indicatore è comprensivo di tutte le fasi di lavorazione nell'ipotesi di un sistema chiuso del tipo:

Il rendimento e allora calcolato come:

$$\eta = \left(\frac{output}{olioin}\right) * 100$$

tali risultati sono riportati nella tabella F.2 seguente:

Tabella F.2 - Rendimenti η di rigenerazione olio

Impianto	N°	η Effettivo			
		Anidro (1)		Tal quale	
		Olio	Olio+altri sotto prodotti (2)	Olio	Olio+altri sotto prodotti (2)
Viscolube SpA – Pieve Fissiraga	1	76,22%	98,18%	66,77%	86,01%
Viscolube SpA – Ceccano	2	75,7%	94,9%	69,20%	86,8%
RA.M.OIL SpA	3	40%	98%	34%	86%
Distoms Srl	4	45%	100%	41,4%	92%
Siro SpA	5	70,72%	81%	70,5%	80,7%

Note:
1) Le % della colonna "anidro" sono state calcolate come rapporto percentuale tra il prodotto ottenuto dal processo (solo olio lubrificante, oppure olio lubrificante e altri prodotti secondari) e l'olio minerale in ingresso a cui è stato sottratto il quantitativo di acqua contenuta nell'olio usato lavorato.
2) I sottoprodotti sono rappresentati dal gasolio, dall'asfalto e frazioni idrocarburiche presenti in quantità variabili nei processi presi in esame.

G IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DI TALI TECNICHE

In tale paragrafo viene riportata una panoramica delle tecniche alternative a quelle già utilizzate a livello nazionale e che trovano applicazione in altre nazioni.

Tali tecniche vengono distinte in funzione della loro principale finalità, che è quella di produrre lubrificanti o carburanti.

Nel seguito alla tabella G.1 viene riportata una sintesi di quanto sopra riportato e le relative schede di dettaglio.

Tecnologie per produzione basi lubrificanti
Scheda G.1 - Vacuum distillation/WFE/Hydrofinishing (Tecnologia Mohawk)
Scheda G.2 - TFE/PDA/Hydrofinishing (Tecnologia CYCLON)
Scheda G.3 - Centrifugation/Vacuum Distillation/Acid-Clay Treatment (Tecnologia Garap)
Scheda G.4 - PDA/Distillation/Clay treatment (Tecnologia Interline)
Scheda G.5 - Distillation/TFE/Hydrotreatment (Tecnologia RELUBE)
Scheda G.6 - Distillation/Clay Treatment (Tecnologia Meinken)
Scheda G.6 -Acid/Clay Purification
Scheda G.7 - Cyclonic Vacuum Distillation/Chemical Treatment (Tecnologia Vaxon)

Tecnologie per produzione carburanti
Scheda G.8 - Thermal Cracking/Distillation/Stabilization (Tecnologia PROPAK)
Scheda G.9 - Thermal Cracking (Tecnologia SOC - Springs Oil Conversion)
Scheda G.10 - Pre-flash/Vacuum Distillation (Tecnologia Trailblazer)

Tabella G.1 – Sintesi delle tecnologie di lavorazione degli oli usati

Processo	Prodotto	Area di sviluppo	Qualità prodotto	Rifiuti	Note
Vacuum distillation/WFE/Hydrofinishing (Tecnologia Mohawk)	Olio	Canada, USA, Indonesia, Australia	Olio di buona qualità	--	--
TFE/PDA/Hydrofinishing (Tecnologia CYCLON)	Olio	Grecia	--	Acque reflue, catalizzatori esausti	--
Centrifugation/Vacuum Distillation/Acid-Clay Treatment (Tecnologia Garap)	Olio	Francia	--	Terre esauste	Le melme acide prodotte richiedono un appropriato trattamento. La centrifugazione dell'olio ad alta viscosità può essere problematica
PDA/Distillation/Clay treatment (Tecnologia Interline)	Olio	USA	Olio di bassa qualità	Terre esauste	Costi di investimento e di gestione ridotti. Consistenti quantità di terre esauste da smaltire.
Distillation/TFE/Hydrotreatment (Tecnologia RELUBE)	Olio	USA, Grecia, Tunisia	Olio di buona qualità	--	In tutti gli impianti esistenti sono state apportate modifiche migliorative
Distillation/Clay Treatment (Tecnologia Meinken)	Olio	Germania, USA, Taiwan e Brasile	Olio di media qualità	Terre esauste	Il processo non rimuove i composti dello zolfo e gli IPA
Acid/Clay Purification	Olio	Il processo è utilizzato nel 90% degli impianti esistenti	Olio di bassa qualità	Terre esauste, melme acide	I costi d'investimento sono bassi, ma di alto impatto con l'ambiente.
Cyclonic Vacuum Distillation/Chemical Treatment (Tecnologia Vaxon)	Olio	Danimarca, Spagna, Medio Oriente	Olio di media qualità	--	Lo stadio chimico finale non permette la produzione di basi lubrificanti di elevata qualità
Thermal Cracking/Distillation/Stabilization (Tecnologia PROPAK)	Carburante	Canada, Polonia, Belgio	Carburante di bassa qualità	Ceneri, metalli pesanti, ecc.	Non vengono rimossi i composti solfurei
Thermal Cracking (Tecnologia SOC - Springs Oil Conversion)	Carburante	Esistono 18 unità operanti nel mondo	Carburante di bassa qualità	--	Non vengono rimossi i composti solfurei
Pre-flash/Vacuum Distillation (Tecnologia Trailblazer)	Carburante	USA	--	Residui di fondo	--

Scheda G.1 - Vacuum distillation/WFE/Hydrofinishing (Tecnologia Mohawk)

Descrizione del processo

L'olio usato subisce un pretrattamento chimico per la precipitazione dei contaminanti che possono causare fenomeni di corrosione e sporcamento delle apparecchiature.

L'olio pretrattato è, in un primo tempo, distillato per la separazione di acqua e idrocarburi leggeri e subisce, quindi, un trattamento di hydrofinishing ad alta temperatura e alta pressione in presenza di un letto catalitico per l'eliminazione di azoto, zolfo, cloro, composti organici ossigenati.

L'olio disidratato è distillato sotto vuoto spinto in un evaporatore a film sottile per la separazione del combustibile diesel, che può essere riutilizzato in impianto o venduto come combustibile; i materiali pesanti come residui della distillazione, metalli e prodotti della degradazione degli additivi sono utilizzati come flussanti per asfalti.

I prodotti ottenuti possono essere separati nei tagli desiderati mediante un frazionamento con un Vacuum spinto.

Aree di sviluppo

Questa tecnologia ha un ampia applicazione industriale.

Impianti funzionanti in North Vancouver, BC, Canada (600 Bbl/day), Evergreen, Newark, California USA, Wiraswasta Gemilang Indonesia (50.000 tpa), Southern Oil Refineries, Australia (20.000 tpa)

Considerazioni

Con questo trattamento si ottiene un prodotto di buona qualità.

Scheda G.2 - TFE/PDA/Hydrofinishing (Tecnologia CYCLON)

Descrizione del processo

L'olio usato proveniente dallo stoccaggio è sottoposto ad un pretrattamento per rimuovere l'acqua ed a una distillazione sotto vuoto con separazione di acqua emulsionata e idrocarburi leggeri.

La frazione pesante viene inviata ad un sistema di distillazione a vuoto spinto dove la maggior parte delle frazioni leggere evapora dal residuo pesante; questo residuo pesante è quindi trattato in un unità di deasfaltazione con propano (PDA).

Il prodotto in uscita dall'unità PDA insieme alle frazioni leggere in uscita dal unità di distillazione passano all'hydrofinishing (HDF); l'olio in uscita dall'HDF è frazionato secondo i tagli desiderati.

Rifiuti generati dal trattamento e destinazione d'uso

Acque reflue: l'olio viene separato dall'acqua mediante un separatore a gravità dopo di che l'acqua viene filtrata attraverso membrane ceramiche, strippata con aria e inviata al trattamento biologico.

Catalizzatori esausti: a rigenerazione.

Idrocarburi leggeri: possono essere utilizzati in scambiatori a olio a servizio dell'impianto o in caldaia.

Aree di sviluppo

Esiste un impianto che utilizza questa tecnologia in Grecia.

Scheda G.3 - Centrifugation/Vacuum Distillation/Acid-Clay Treatment (Tecnologia Garap)

Descrizione del processo

La differenza fra questo processo e un tradizionale trattamento acido/terre è rappresentata dalla distillazione con Vacuum dell'olio dopo il preflash che permette di ottenere le frazioni e il fondo prima dell'acidificazione e del trattamento con terre.

L'olio usato è centrifugato o decantato a 80°C per separare i contaminanti solidi e subisce una distillazione flash a 180°C per rimuovere acqua, solventi e idrocarburi leggeri.

Alcuni additivi vengono aggiunti durante il processo per ridurre gli eventuali depositi e corrosione delle apparecchiature.

Dopo il pre-trattamento, l'olio viene distillato in una colonna di vacuum a una temperatura di circa 360°C con separazione di gasolio, frazioni lubrificanti e fondo (idrocarburi pesanti e contaminanti; è utilizzato per la produzione di asfalto dopo centrifugazione per rimuovere i composti metallici).

Le frazioni lubrificanti sono raffreddate e miscelate con acido.

Le melme acide formatesi durante la reazione vengono separate mediante centrifugazione e l'olio è neutralizzato e trattato su un letto di terre e infine filtrato.

Rifuti prodotti	Destinazione
Melme acide	Neutralizzazione e rigenerazione
Fondo colonna/residui	Produzione di asfalto
Terre esauste	Smaltimento

Aree di sviluppo

Il processo è stato testato in Francia dalla società Sopaluna (Dipartimento di Parigi) e dalla società Imperator di Baisieux (Lile).

Considerazioni

La produzione di melme acide può essere pericolosa dal punto di vista ambientale e richiede un appropriato trattamento.

La centrifugazione dell'olio con alta viscosità porta a danneggiare le apparecchiature più sensibili e all'interno di un'applicazione industriale, l'operazione risulta abbastanza complicata.

Diagramma di flusso

Scheda G.4 - PDA/Distillation/Clay treatment (Tecnologia Interline)

Descrizione del processo
L'olio usato viene pre-trattato mediante una soluzione basica contenente idrossido di ammonio e/o idrossido di potassio per neutralizzare i composti indesiderati. L'olio pre-trattato viene poi inviato ad un sistema di estrazione con solventi (PDA) dove miscelato con propano per separare metalli e altri contaminanti.
A questo punto la miscela olio/propano viene pompata attraverso una serie di scambiatori di calore per la separazione del propano nel separatore flash.
Il propano viene ricondensato mediante acqua di raffreddamento e reinviato al PDA.
L'olio libero da solventi subisce uno stripping per rimuovere gli idrocarburi leggeri e il propano ancora presente e quindi subisce una distillazione sottovuoto.
In questo processo viene prodotta una sola base lubrificante non trattata. Se necessario il processo può essere ampliato con una colonna di distillazione oltre ad un trattamento di finissaggio come un trattamento con terre o un Hydrofinishing.

Rifiuti prodotti e Destinazione
Miscela di fondi colonna dalla distillazione sotto vuoto e solidi da estrazione: è possibile il riutilizzo per la produzione di asfalti modificati (la miscela è preriscaldata per rimuovere l'acqua).
Vapore acqueo: è ricondensato e inviato all'impianto di trattamento acque.
Terre esauste: smaltimento mediante tecniche speciali.

Impianti funzionanti
Ci sono numerosi impianti che utilizzano questa tecnologia in UK, USA, Corea del sud, Spagna ma alcuni di essi sono chiusi per diverse ragioni, in particolare per la bassa qualità dell'olio prodotto.

Considerazioni
A differenza di altri sistemi di estrazione con propano che operano in temperatura e con pressioni abbastanza elevate, questo sistema lavora senza elevato apporto di calore o elevata pressione. I costi di investimento e operativi sono ridotti. L'olio prodotto risulta essere di qualità bassa.

Diagramma di flusso

Scheda G.5 - Distillation/TFE/Hydrotreatment (Tecnologia RELUBE)

Descrizione del processo
L'acqua e le frazioni di idrocarburi leggeri vengono rimossi dall'olio usato in una colonna di distillazione atmosferica e il gasolio viene separato in una colonna di strippaggio.
La distillazione sotto vuoto separa dalle frazioni di olio i residui pesanti contenenti impurità e gli altri componenti pesanti indesiderati.
La distillazione sotto vuoto è condotta a una temperatura di 320°C in un evaporatore a film sottile per evitare uno stress termico.
L'olio trattato viene miscelato con idrogeno e passa su uno strato catalitico nella fase di idrotrattamento per rimuovere zolfo, ossigeno e azoto e per migliorare il colore dell'olio.

Rifiuti prodotti e destinazioni d'uso
Residui: produzione di asfalti.
Gas esausti: sono utilizzati come combustibile nell'impianto.

Impianti funzionanti
Alcune unità sono state installate in USA, Grecia, Tunisia e sono state tutte soggette a successivi miglioramenti/modifiche che le hanno trasformate rispettivamente nei seguenti processi: Vacuum distillation/WFE/Hydrofinishing, TFE/PDA/Hydrofinishing, Chemical Treatment/Vacuum Distillation.

Considerazioni
Si ottiene un prodotto di buona qualità.

Diagramma di flusso

Scheda G.6 - Distillation/Clay Treatment (Tecnologia Meinken)

Descrizione del processo

L'olio usato è prefiltrato in un filtro a maglia larga per rimuovere le impurità solide di grosse dimensioni. Nel primo stadio del processo l'olio è disidratato e pre-distillato ad una temperatura intorno ai 150°C (parte alta della colonna)÷ 350°C (parte bassa della colonna) e a pressione atmosferica per rimuovere gli idrocarburi leggeri e l'acqua. L'olio entra dalla parte alta della colonna al fine di rimuovere l'acqua prima che l'olio passi nella parte bassa. L'acqua e gli idrocarburi leggeri vaporizzati nella parte alta della colonna vengono condensati in un condensatore ad acqua e separati. L'olio passa nella parte bassa della colonna dove evapora (circa l'85% di olio) sotto vuoto (50kPa) e viene inviato ai trattamenti successivi. La frazione di olio non evaporata (circa 15%) forma un residuo contenente olio pesante e contaminanti solidi. L'olio disidratato viene addizionato con terre attivate (4-5%) prima di entrare in un Wiped Film Evaporator. (WFE) lavora ad una temperatura di circa 290°C e pressione di 10-15 kPa. In questo processo la frazione di gasolio (circa 15%) è separata dall'olio, il quale è miscelato con le terre attivate nel reattore di miscelazione per migliorarne il colore. Le terre sono separate dall'olio mediante filtrazione in una filtro-pressa e quindi inviate a rigenerazione o a smaltimento.
L'olio viene miscelato con additivi e può essere usato come base lubrificante.

Rifiuti prodotti e destinazione d'uso

Terre esauste: smaltimento in cementifici o altro.
Residui dalla distillazione: parte dell'olio contenuto nei residui viene separato e reimmesso nel processo. I rimanenti scarti contenenti contaminanti solidi vengono utilizzati nella produzione di asfalti.

Impianti funzionanti

Esistono 6 impianti funzionanti: 3 in Germania, 1 in USA, 1 a Taiwan e 1 in Brasile.

Considerazioni

Olio rigenerato di media qualità. Il processo non permette di rimuovere i composti dello zolfo, i PAHs (IPA) e la qualità del prodotto finale è legata alla qualità della materia prima. Il processo è uno sviluppo dell'originario Acido/terre che è stato modificato per eliminare l'impiego dell'acido.

Diagramma di flusso

Olio usato
Filtrazione
Distillazione
Idrocarburi leggeri
Acqua
Wiped-Film Evaporation
Gasolio
Asfalto
Terre
Assorbimento
Off gas
Frazionamento
Basi lubrificanti

Scheda G.7 - Acid/Clay Purification

Descrizione del processo

L'olio usato è pre-trattato (pre-flash o distillazione sotto vuoto) per la separazione di acqua e idrocarburi leggeri. L'olio disidratato contiene alcuni componenti pesanti indesiderati come i composti di zolfo, azoto e fosforo che possono essere distrutti attraverso un trattamento dell'olio con acido solforico (10-15% dell'olio usato). Le miscele acide separate contengono prodotti derivanti dalla distruzione dei composti indesiderati di cui sopra, metalli pesanti ecc..

L'olio dopo il trattamento acido viene neutralizzato dopo di che è filtrato attraverso terre per migliorare il colore e separare i residui presenti. L'olio filtrato viene distillato per ottenere basi lubrificanti di varie caratteristiche e gasolio.

Rifiuti prodotti e destinazione d'uso

Melme acide: devono essere neutralizzate e richiedono trattamenti speciali per renderle innocue all'ambiente.

Terre esauste: smaltimento.

Acque reflue: devono essere trattate prima di andare a smaltimento.

Impianti funzionanti

E' il primo processo usato per la rigenerazione dell'olio usato e largamente il più usato con circa il 90% della capacità totale.

Considerazioni

I costi di investimento sono relativamente bassi e il processo è relativamente semplice. La qualità dell'olio rigenerato è molto bassa e dal punto di vista ambientale l'utilizzo di terre e melme acide richiedono difficoltose e costose neutralizzazioni. Il processo non può essere utilizzato per grosse quantità di olio usato.

Diagramma di flusso

Scheda G.8 - Cyclonic Vacuum Distillation/Chemical Treatment (Tecnologia Vaxon)

Descrizione del processo

L'olio usato proveniente dal serbatoio di raccolta è pre-trattato per condizionamento. A questo proposito l'olio è filtrato, centrifugato per la separazione di gran parte delle particelle di grosse dimensioni (superiori a 100 microns) e dell'acqua non emulsionata, e pre-riscaldato prima di trattamenti successivi. L'olio pre-trattato è iniettato tangenzialmente in un evaporatore sotto vuoto, denominato "ciclonico", a una temperatura di 160-180°C ed a una pressione di 40kPa. Il principio permette di migliorare la velocità di separazione ed evaporazione delle frazioni di olio. Le parti leggere evaporate sono gli idrocarburi leggeri (gas, combustibile diesel) e l'acqua si condensa nella parte superiore della camera dove viene separata. Gli oli pesanti circolano nella parte bassa della camera, dove si separano. Gli oli leggeri circolano nel fondo con riscaldamento che aumenta il calore di trasferimento e riduce la formazione di coke nella camera. Il processo può essere eseguito in numerosi evaporatori operanti a varie temperature e pressioni (da 160 a 345 °C e vuoto da 40 a 0,5 kPa) che permettono la separazione di numerosi tagli di olio. L'olio distillato può contenere alcuni componenti indesiderabili (zolfo e suoi composti e prodotti derivanti dalla distruzione degli additivi) e dovrebbe essere trattato ulteriormente con chemicals per migliorarne la qualità. L'olio trattato può essere distillato per ottenere vari tagli di basi lubrificanti.

Rifiuti prodotti e destinazione d'uso

Acque reflue: Sono sottoposte a trattamenti fisico-chimici, biologici, filtrate e usate nel sistema di raffreddamento dell'impianto.
Sali (dal trattamento finale): sono adatti nella produzione di fertilizzanti.
Residui: produzione asfalto.

Impianti funzionanti

Il processo è stato in origine installato in Danimarca per la produzione di olio combustibile con una capacità di 28.000 t/anno. Successivamente un secondo impianto è stato installato in Spagna (Catalonia) per la produzione di basi lubrificanti con una capacità di 42.000 t/anno. Un altro impianto è stato recentemente installato nel Medio Oriente; le sue prestazioni non sono finora state rivelate.

Considerazioni

Media qualità per l'olio prodotto. Lo stadio chimico finale non permette la produzione di basi lubrificanti di elevata qualità, sebbene in Spagna la Raffineria di Catalonia produce basi accettate dai costruttori di motori per autoveicoli

Diagramma di flusso

Scheda G.9 - Thermal Cracking/Distillation/Stabilization (Tecnologia PROPAK)

Descrizione del processo

Il nome tecnico della tecnologia in questione è PROPAK Thermal Cracking.

L'olio usato è introdotto nella sezione di cracking che consiste in un processo termico e in una sezione di thermal cracking. Il prodotto è riscaldato in pressione e le condizioni termiche, il tempo di permanenza, oltre alle specifiche condizioni di funzionamento, permettono la conversione dell'olio usato in gasolio.

Rifiuti prodotti e destinazione d'uso

Emissioni gassose: le emissioni in fase vapore del thermal cracking contengono un miscela di idrocarburi (gasoli e basso bollenti), che si separano dall'olio a causa della temperatura dello stream. Questo effluente gassoso viene processato per distillazione o stoccato per la separazione delle nafte dai gasoli. In alcune configurazioni impiantistiche, la frazione pesante viene utilizzata all'interno degli stessi processi termici, mentre i gasoli in forma liquida sono inviati dalla fase di distillazione alla fase di stabilizzazione.

Residui: la sezione di cracking scarica componenti caldi pesanti quali ceneri, metalli pesanti ed altri componenti indesiderati.

Impianti funzionanti

Il thermal cracking è stato sviluppato da differenti compagnie e trova applicazione in alcune realtà industriali canadesi, polacche e in una belga.

Considerazioni

La qualità di questo prodotto è bassa ed il contenuto di composti solfurei (non essendo specificamente ridotti) rimane pressoché inalterato; anche le olefine non sono rimosse e questo implica un odore piuttosto intenso. A volte si rende necessario un aggiustamento del Flash Point in caso di "fuori specifica". È prevedibile qualche problema di sporcamento nelle zone critiche di impianto.

Diagramma di flusso

Scheda G.10 - Thermal Cracking (Tecnologia SOC - Springs Oil Conversion)

Descrizione del processo

Inizialmente l'olio usato viene filtrato per separare i solidi in sospensione e i sedimenti (che ammontano solitamente all'1% in peso); successivamente si effettua una disidratazione in un sistema "flash". L'olio pulito è inviato ad un forno in cui avviene il cracking. Le condizioni e le caratteristiche di processo dipendono dalla materia prima a dai prodotti desiderati. Il prodotto trattato è distillato per la produzione di vari "tagli" solidi e liquidi che possono essere riutilizzati all'interno del processo (fabbisogno termico). SOC-1 è un'unità per processare oli minerali a base lubrificante. SOC-2 è un'unità avanzata di trattamento e raggiunge rendimenti superiori (12.000 – 60.000 t/anno). La dimensione degli impianti data dalla disponibilità di olio usato. La temperatura operativa del SOC-2 è superiore a quella del SOC-1 di oltre 100 °C e tale sistema è così in grado di processare anche gli oli lubrificanti sintetici e residui con alto tasso di carbonio, come fondi di serbatoi, piccoli residui di raffinerie, combustibili fossili. Il SOC-2 utilizza un forno rotante a fiamma indiretta come cracker.

Rifiuti prodotti e destinazione d'uso

Acque reflue: l'acqua di scarico proveniente dalla disidratazione viene inviata a trattamento.

Residui: i residui delle fasi iniziali di pulizia sono conferiti a smaltimento.

Impianti funzionanti

Esistono 18 unità operanti in 7 impianti in tutto il mondo. La loro capacità produttiva varia da 3.000 a 12.000 t/anno.

Considerazioni

Il processo è stato inizialmente sviluppato per convertire gli oli lubrificanti esausti in composti ambientalmente compatibili, ma è utilizzato anche per il trattamento di altri oli. Il prodotto finale è un combustibile o gasolio e la qualità è a volte bassa a causa dei composti solforati che non possono essere eliminati durante la lavorazione; anche le olefine non sono rimosse e questo implica un odore piuttosto intenso. A volte si rende necessario un aggiustamento del Flash Point in caso di "fuori specifica". Per questa tecnologia, prima della stabilizzazione finale, non sono inoltre previsti sistemi di riduzione di depositi e gomme.

Diagramma di flusso

Scheda G.11 - Pre-flash/Vacuum Distillation (Tecnologia Trailblazer)

Descrizione del processo

Il processo Trailblazer prevede una pre-filtrazione e un pre-flash per la rimozione dei solidi e dell'acqua contenuta nell'olio, oltre che degli idrocarburi gassosi e delle frazioni di combustibili leggeri.
L'olio viene successivamente distillato sottovuoto per la separazione in tre frazioni:

- composti carboniosi leggeri (gasoli, kerosene, materiali affini al diesel);
- composti gassosi distillati;
- residui di fondo.

I composti carburanti sono utilizzati in impianti industriali e per trazione marina, mentre i residui di fondo (asfalti) sono utilizzati per le costruzioni stradali.

Rifiuti prodotti e destinazione d'uso

Acque reflue: l'acqua di scarico proveniente dalla disidratazione viene inviata a trattamento.
Residui: i residui delle fasi iniziali di pulizia sono conferiti a smaltimento.

Impianti funzionanti

Esiste un impianto funzionante in USA, in grado di lavorare 170.000 t/anno di olio usato.

Considerazioni

Il processo adottato è simile ad altri processi di de-asfaltazione sottovuoto.

Diagramma di flusso

H DEFINIZIONE (SULLA BASE DELL'APPROFONDIMENTO E DELL'ESTENSIONE DELLE ANALISI SVOLTE IN SEDE COMUNITARIA), DELLA LISTA DELLE MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO DELLO SPECIFICO SETTORE IN ITALIA

In questo paragrafo vengono definite le tecniche ritenute migliori dal punto di vista ambientale.

La rigenerazione degli oli usati in Italia avviene attraverso le varie tecniche descritte al capitolo D, alcune presentano rese non elevate ed inoltre è necessario fare le seguenti considerazioni:

- **Trattamento con acidi e terre**
  E' ritenuto un processo superato (la resa è del 50% sull'olio usato disidratato), anche se risulta essere ancora quello maggiormente applicato nel mondo. La qualità dei prodotti è media e dal punto di vista ambientale dà luogo a notevoli quantità di terre inquinate da olio che necessitano di un adeguato smaltimento. I costi di investimento e di gestione sono, invece, relativamente bassi.
- **TFE – Thin Film Evaporator**
  Il processo si trova generalmente associato ad altri trattamenti (con terre, hydrotreatment, estrazione con solvente, hydrofinishing); le relative rese sono indicate al paragrafo E.2. L'accoppiamento con il trattamento con terre viene utilizzato per il miglioramento della qualità dell'olio, in quanto gli oli usati trattati con terre danno luogo a prodotti di media/bassa qualità.
- **Hydrofinishing**
  Tale processo è caratterizzato da una resa molto alta e rappresenta, altresì, l'unico processo di ri-raffinazione approvato dall'API (American Petroleum Institute). Oltre a fornire prodotti di ottima qualità (in termini di viscosità, colore e proprietà termiche), tale processo permette il raggiungimento di un'ottima performance ambientale (riduce il residuo carbonioso Conradson, i metalli residui, gli IPA). Tali impianti se associati a processi ausiliari di conversione dello zolfo rimosso in forma molecolare (che rappresenta non un rifiuto ma un sottoprodotto commerciabile) consentono un notevole abbattimento delle emissioni in termini di SOx.

La scelta delle migliori tecniche si basa su considerazioni di carattere tecnico ed economico. In particolare, deve essere eseguita una dettagliata analisi dei costi/benefici ambientali.

In questa ottica, potrebbe accadere che una determinata tecnica, in grado di raggiungere livelli di emissioni e consumi migliori rispetto ad altre tecniche, possa non essere considerata applicabile sotto l'aspetto dei costi.

In ogni caso, per l'individuazione delle migliori tecniche è necessario seguire un percorso logico che parte dall'acquisizione, come indicato nel paragrafo E.2, di una serie di informazioni, quali:

- Definizione dei principali impatti sull'ambiente generati dall'impianto, tenendo conto delle emissioni, dei rifiuti prodotti e dei consumi di materie prime (acqua ed energia) associate a ciascun processo di trattamento (vedi tabella E.4.2, E.5.2, E.5.3, E.5.4, E.5.5, E.5.6).

- Individuazione delle tecniche più idonee da utilizzare per la minimizzazione degli impatti stessi (sistemi di abbattimento), includendo i valori delle emissioni conseguibili e le prestazioni in termine d'efficienza.
- Valutazione degli effetti secondari e degli svantaggi causati dall'utilizzo della tecnica prescelta; confronto della tecnica con le altre al fine di prevenire e risolvere problemi ambientali.
- Acquisizione dei dati e delle informazioni sulla gestione, manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza.
- Considerazioni sullo stato dell'impianto (nuovo o esistente) la sua potenzialità (grossa o piccola) e disponibilità di spazi.
- Individuazioni delle tecniche di trattamento dei residui di processo.
- Informazioni sui costi (investimento e gestione) e sugli eventuali risparmi gestionali (p.e. attraverso contenimento dei consumi delle materie prime, acqua ed energia e la produzione dei rifiuti).
- Individuazione delle caratteristiche dello specifico contesto territoriale.
- Confronto con i dati relativi ad altri impianti operativi che utilizzano il medesimo processo di trattamento.

Sintesi delle BAT

Riguardo alla fase di accettazione, stoccaggio e movimentazione si considerano BAT:

- Gestione delle caratteristiche degli oli in ingresso:
  - identificazione dei flussi di oli usati in ingresso;
  - accurato controllo del materiale in entrata al sistema, con il supporto di adeguate tecniche analitiche (viscosimetria, infrarossi, cromatografia e spettrometria di massa);
  - controlli, campionamenti e determinazione analitiche degli oli in ingresso in base alle caratteristiche indicate nella tabella C.1.3. compresi i solventi clorurati
  - comunicazioni con il fornitore dei rifiuti;
- Adozione di specifici criteri e precauzioni riguardo lo stoccaggio e la movimentazione degli oli in ingresso.
- Individuazione delle tecniche per prevenire le emissioni gassose specifiche rappresentate soprattutto da COV che possono essere emessi sia dai serbatoi di stoccaggio che dalle relative tubazioni.

Riguardo alla fase di trattamento si considerano BAT di carattere generale:

- Riduzione delle potenziali emissioni nel processo produttivo attraverso l'introduzione di sistemi di abbattimento delle emissioni inquinanti e sistemi di monitoraggio.
- Individuazione delle tecniche per prevenire le emissioni gassose specifiche.
- Riduzione dei consumi di energie non rinnovabili, in funzione della specifica situazione ambientale/territoriale.
- Utilizzazione di tecniche per recuperare materie prime come l'acqua (per esempio utilizzando come acqua di raffreddamento l'acqua proveniente da circuiti chiusi con torri di raffreddamento)[4].

---

[4] Nelle torri di raffreddamento è possibile in casi particolari alimentare il reintegro "make-up" da acque provenienti da trattamenti biologici interni al sito (water reuse) in ausilio alle fonti di approvvigionamento primario.

- Raccolta dei dati prestazionali delle emissioni, dei rifiuti prodotti nonché di altre informazioni sulle tecniche di gestione, manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza.
- Adozione di misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti.
- Adozione di procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie nel processo produttivo.
- Adozione di sistemi di contenimento dell'emissioni sonore anche attraverso la manutenzione periodica delle apparecchiature che possono costituire possibile fonte di rumore.

Riguardo alla fase di rigenerazione degli oli usati, si considerano BAT:
- utilizzare la condensazione come trattamento per la fase gassosa dell'unità di distillazione flash
- disporre di un adeguato sistema di aspirazione con linee di recupero vapori nelle zone di movimentazione e trattamento degli oli, collegato ad un idoneo sistema di trattamento termico/ossidativo o un impianto di adsorbimento a carboni attivi
- qualora siano presenti composti clorurati, convogliare l'impianto di aspirazione verso un trattamento di ossidazione termica; se i composti clorurati sono presenti ad elevate concentrazioni, è preferibile integrare con un trattamento a carboni attivi
- utilizzare un trattamento di ossidazione termica ad 850°C con tempo di residenza di 2 sec. per i gas provenienti dalla distillazione vacuum o per l'aria proveniente dai riscaldatori di processo
- utilizzare un sistema di produzione vuoto altamente efficiente
- riutilizzare, per la produzione di asfalti, i residui della distillazione sotto vuoto o dell'evaporatore a film sottile
- utilizzare un sistema di rigenerazione degli oli usati che garantisca rese superiori al 65% sull'olio usato disidratato
- fermo restando quanto disposto dalla legislazione nazionale vigente in materia di scarichi, ottenere i seguenti valori nelle acque di scarico in uscita dall'unità di rigenerazione:

Parametro acque di scarico	Concentrazione (ppm)
Idrocarburi	<0,01 – 5
Fenoli	0,15 – 0,45

Riguardo alla gestione si considerano BAT
- Redazione di procedure e Piani di emergenza contro incendi, fuoriuscite ed incidenti ambientali.
- Adozione di un progetto di comunicazione nei confronti del cittadino (Rapporti periodici, siti web dedicati, organizzazione di eventi di informazione/discussione con autorità e cittadini, comunicazioni periodiche a mezzo stampa locale e distribuzione di materiale informativo, …).
- Adozione di un Programma di Sorveglianza e controllo e di un piano di restituzione dell'area a chiusura dell'impianto.
- Adozione di sistemi di Sistemi di gestione ambientale (EMS).

- Attivazione delle procedure di un sistema di certificazione ambientale (ISO 14001) e soprattutto adesione al sistema EMAS.

Si illustrano di seguito alcune tecniche ritenute "emergenti" ma ancora non applicate al settore industriale in impianti di taglia commerciale (tabella H.1).

Tabella H.1 – Tecniche emergenti nel settore del trattamento degli oli usati

Tecnica	Descrizione
Trattamento (UOP) di idrogenazione/deasfaltazione Direct Contact Hydrogenation (DCH^{TM} Process)	In questa tecnica l'operazione di deasfaltazione e quella successiva di hydrotreating vengono ottenute attraverso una corrente di idrogeno ad alta temperatura. A seguire vengono eseguiti i processi per l'eliminazione dell'acqua, la separazione di olio combustibile ed infine un frazionamento sottovuoto. Attraverso tale processo vengono prodotti: olio base lubrificante, gas combustibile (desolforato e declorato) ed olio combustibile. Per quanto riguarda gli effluenti esso genera: un basso COD, un effluente acquoso privo di solfuri e cloruri organici ed un residuo pesante peraltro utilizzabile per la produzione di asfalto. I rifiuti che richiedono smaltimento sono i seguenti: catalizzatori esausti, cloruro di sodio e solfato di sodio. Questa tecnica è allo stato di laboratorio dal 1996
Tecnologia ENTRA	In questa tecnica l'olio usato, prodotto nella prima fase di pre-flash dopo essere stato addizionato di soda caustica (3% riferito all'olio privo di acqua) e purificato con terre (2% riferito all'olio privo di acqua), è inviato ad uno reattore (con caratteristiche progettuali speciale) in cui vengono spezzati i legami dei composti metallorganici. Inoltre un sistema avanzato di controllo della temperatura e del tempo di ritenzione, nel reattore stesso, minimizza la rottura di quelle molecole organiche che sono ancora utilizzabili per la produzione dell'olio lubrificante.
New Meiken technology	L'ingegneria Meiken ha sviluppato un nuovo processo con una sostanza assorbente al distillato da vuoto. Si ritiene che il catalizzatore (coperto da brevetto) sia argilla. Non esistono attualmente applicazioni industriali.
Supercritical deasfalting	Premesso che rispetto ad una conformazione tipica di un impianto PDA le sezioni di pre-flash e hydrotreating non vengono modificate Questa tecnica è applicabile alla sezione di deasfaltazione e nella versione più recente anche alla sezione di frazionamento dell'impianto di ri-raffinazione. I processi sono i seguenti: • Deasfaltazione supercritica: la frazione asfaltica viene separata per estrazione con idrocarburi leggeri (C2/C3) sotto condizioni supecritiche. • Frazionamento supercritico: l'olio chiarificato nell'unità deasfaltazione supercritica ancora miscelato con il mezzo estraente viene separato direttamente in due o più fasi, variando così le condizioni fisiche della miscela. Rispetto ad una conformazione tipica di un impianto PDA (ad 1 o 2 stadi), con l'applicazione di ambedue le tecnologie vengono ridotti i costi sia d'investimento che d'esercizio. Sono stati realizzati due impianti piloti.
MRD	NMP estrazione con solvente
FILEA (Process by CEA)	Filtrazione supercritica con CO2
ROBYS TM Process	Cracking catalitico e stabilizzazione per la produzione di gasolio

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries – August 2005"

I ANALISI DELL'APPLICABILITÀ AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE AL PUNTO PRECEDENTE, ANCHE CON RIFERIMENTO AI TEMPI DI ATTUAZIONE

Applicabilità agli impianti esistenti

L'applicabilità di una qualsiasi BAT, soprattutto nel caso degli impianti esistenti, non può risultare di carattere generale essendo essa legata a diversi fattori presenti a livello locale, che possono influenzare notevolmente le prestazioni raggiungibili.
Tra questi si citano:

- Le dimensioni dell'impianto.
- Il tempo di vita residuo ("età") dell'impianto.
- L'ubicazione.
- Le caratteristiche dei rifiuti trattati (contenuto di inquinanti).
- Particolari vincoli ambientali presenti a livello locale.
- La disponibilità di aree per l'istallazione di apparecchiature aggiuntive.

Nella valutazione della scelta delle migliori tecniche si deve, anche, tener presente che potrebbe risultare difficoltoso adottarne alcune (es. sostituire un processo tecnologico con un altro) in impianti esistenti.

Risulta evidente, infatti, che il cambiamento dalla tecnica già in uso, potrebbe comportare effetti ambientali ed economici (es. la dismissione dell'impianto o attrezzatura esistente) talmente significativi da controbilanciare negativamente i vantaggi ambientali ed economici.

Conseguentemente l'applicazione di alcune migliori tecniche potrebbe risultare appropriata solo in grandi modifiche, cambiamenti e nuove installazioni; infatti gli impianti esistenti potrebbero avere limiti di spazio, tali da influenzare negativamente la piena adozione di alcune tecniche.

Riguardo, invece, alle tecniche legate ad aspetti gestionali ed indicate al paragrafo H, andrebbero introdotte al fine di garantire elevati livelli di tutela dell'ambiente e della salute umana.

In particolare andrebbe elaborato ed adottato un programma di sorveglianza e controllo, previsto, peraltro, in alcune leggi regionali a carico di tutti gli impianti di gestione dei rifiuti finalizzato a garantire che:

- tutte le sezioni impiantistiche assolvano alle funzioni per le quali sono progettate in tutte le condizioni operative previste;
- vengano adottati tutti gli accorgimenti per ridurre i rischi per l'ambiente ed i disagi per la popolazione;
- venga assicurato un tempestivo intervento in caso di incidenti ed adottate procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie nel processo produttivo;
- venga garantito l'addestramento costante del personale impiegato nella gestione venga garantito l'accesso ai principali dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza;
- vengano adottate tutte le misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti.

Il controllo e la sorveglianza dovrebbero essere condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente ed i prelievi e le analisi previste per garantire il rispetto dei limiti alle emissioni, indicate nei documenti autorizzativi, dovrebbero essere effettuati da laboratori competenti, preferibilmente indipendenti, operanti in regime di qualità secondo le norme ISO 9000.

J FATTIBILITÀ ECONOMICA DELLE TECNICHE ELENCATE ANALIZZATA ATTRAVERSO ANALISI COSTI-BENEFICI

Si presentano, in questo paragrafo, alcune considerazioni tratte principalmente dallo studio "*Critical Review of existing Studies and Life Cycle Analysis on the Regeneration and Incineration of WO*" di Taylor Nelson Sofres Consulting. Tale studio è disponibile e consultabile sul sito dell'Unione Europea, settore Environment, e pertanto ritenuto autorevole punto di riferimento nell'ambito delle analisi svolte in ambito Comunitario.

Trattasi altresì di uno studio che tiene conto criticamente degli altri studi elaborati sullo stesso argomento.

Va inoltre sottolineato che tale studio è preso a riferimento nella redazione dello specifico BRef di settore a livello Comunitario.

Sempre facendo riferimento al citato studio è stata eseguita un'analisi economica sulla base dei tre seguenti supposizioni:

- La minima tariffa di smaltimento dell'olio usato conferito all'impianto necessario a coprire i costi di gestione assumendo un Internal Rate of Return (IRR).
- Effetto scala.
- L'influenza delle tecnologie utilizzate e la qualità dell'olio base ri-raffinato.

I calcoli per tale analisi sono stati eseguiti per:

- I seguenti differenti processi di rigenerazione:
  - acid/clay process;
  - TFE + clay finishing;
  - TFE + solvent finishing;
  - TFE + hydro-finishing;
  - TDA + clay-finishing;
  - TDA + hydro-finishing;
  - PDA + hydro-finishing.
- Per le seguenti diverse potenzialità:
  - piccola taglia (35 kt/anno);
  - media taglia (circa 50 kt/anno);
  - grande taglia (80-100 kt/anno, e 160 kt/anno in due casi).

I costi sono stati distinti in:

- costo capitale, con 10 anni di deprezzamento dei processi principali ed i costi dell'ingegneria e 20 anni per il deprezzamento dei processi ausiliari compreso il costo del terreno;
- costi fissi, personale, manutenzione, amministrazione, ecc.;
- costi di operazione variabili, personale, ausiliari e chimici, trattamento residui, ecc.;
- entrate, vendita di prodotti (olio base ri-raffinato e gasolio) e residui (bitume).

La tabella J.1 di sintesi riporta i risultati ottenuti per le 7 tecnologie esaminate nonché tariffa di smaltimento (gate fee) che è stata calcolata per differenza tra i costi totali e le entrate.

Tabella J.1 – Costi e tariffa di smaltimento per oli usati impianto base di rigenerazione oli usati

Processo di ri-raffinazione	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**U.M.**
- De-asfaltazione, demetallizzazione	Acido	TFE	TFE	TFE	TFE	TFE	TDA	
- Finissaggio	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	
- Olio usato in alimentazione	100	35	50	80	160	35	100	Kt/anno
Costi								
- Costo capitale	*34*	*20*	*25*	*33*	*50*	*8*	*45*	M€
- Costo di produzione	152	242	221	198	148	237	280	€/t
- Costo capitale + rischi	*40*	*64*	*56*	*47*	*35*	*27*	*53*	€/t
Entrate								
- Vendita basi oli, gasolio, bitume, ecc.	177	210	210	210	195	214	211	€/t
Tariffa (Gate Fee)	**-25**	**32**	**11**	**-12**	**-47**	**23**	**68**	**€/t**

Processo di ri-raffinazione	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**U.M.**
- De-asfaltazione, demetallizzazione	TDA	PDA	TFE	TFE	TFE	TFE	TFE	
- Finissaggio	Hydro	Hydro	Hydro	Hydro	Hydro	Hydro	Solvent	
- Olio usato in alimentazione	100	57	50	80	85	35	35	Kt/anno
Costi								
- Costo capitale	*69*	*42*	*43*	*50*	*47*	*27*	*35*	M€
- Costo di produzione	304	320	333	275	204	289	350	€/t
- Costo capitale + rischi	*81*	*83*	*94*	*70*	*62*	*59*	*100*	€/t
Entrate								
- Vendita basi oli, gasolio, bitume, ecc.	252	224	254	254	219	321	249	€/t
TARIFFA (Gate Fee)	**52**	**96**	**78**	**21**	**-15**	**-32**	**102**	**€/t**

I dati presentati nello studio scaturiscono dalle analisi svolte su impianti esistenti. I costi sono tuttavia calcolati come se si trattasse di nuovi impianti (includendo, ad esempio, l'ammortamento dei costi di capitale ed escludendo i costi dei processi ausiliari e d'acquisizione del sito).

A seguire, si riportano alcune considerazioni tratte dal suddetto studio. Gli aspetti economici della rigenerazione degli oli lubrificanti usati risultano influenzati principalmente da tre fattori:

- I costi relativi al processo, che devono tener conto della resa, del valore di mercato dei sottoprodotti, dei consumi energetici e dei costi per il controllo dell'inquinamento.
- Il valore di mercato delle basi lubrificanti ri-raffinate e degli altri prodotti (soprattutto gasolio).
- Le imposte doganali sull'olio usato in ingresso.

I fattori che influenzano il costo del processo sono principalmente rappresentati da:

- I costi di capitale e i costi operativi fissi, che insieme rappresentano circa il 55–80% dei costi totali secondo le tecnologie applicate e della capacità di lavorazione.
- Relativamente alla tecnologia applicata, il costo d'investimento può variare notevolmente nel confronto tra tecniche avanzate e tecniche superate: i costi d'investimento associati alle moderne tecniche possono risultare anche del 75% superiori ai costi d'investimento relativi a tecniche superate (processo con acido e terre); tuttavia le differenze di costo tra tecniche parimenti moderne e avanzate sono quasi impercettibili (circa il 10% di differenza per la stessa capacità di lavorazione).

- Un rilevante investimento iniziale in un processo con Hydrofinishing ad alta severità, può rappresentare un investimento di 10/15 milioni di euro (escludendo il costo d'investimento delle unità ausiliarie).
- Secondo la tecnica applicata e della capacità dell'impianto, l'incidenza del costo della materia prima (olio usato) sulla totalità dei costi operativi può variare in un range compreso tra il 10-50%.
- I costi unitari associati ad un impianto di piccole dimensioni (al massimo 35.000 t/a) possono essere dal 20 al 40% superiori rispetto ai costi unitari di un impianto di grandi dimensioni (oltre 80.000 t/a).

Entrate dell'attività di rigenerazione:

- Le maggiori entrate derivano dalla vendita delle basi lubrificanti ri-raffinate (75–80% circa); ulteriori entrate provengono dalla vendita del gasolio e di altri sotto-prodotti.
- Il prezzo di vendita è influenzato da:
  - il prezzo delle basi lubrificanti vergini (influenzato dal prezzo del greggio);
  - la qualità dell'olio base rigenerato (secondo la tecnologia utilizzata);
  - la parziale esenzione sulle imposte di consumo per i lubrificanti prodotti da basi lubrificanti ri-raffinate;
  - i costi della distribuzione.

Sulla base dell'analisi svolta nello studio sopra citato, emergono le seguenti conclusioni sulla fattibilità economica dell'attività di rigenerazione degli oli usati:

1. Riguardo alle tecniche da applicare, non si riscontrano problematiche: esiste una varietà di tecniche collaudate che offrono prodotti di qualità, ed in alcuni casi (come nell'Hydrofinishing) di qualità superiore alle basi lubrificanti vergini; infatti, con un Hydrofinishing ad alta pressione si riescono a produrre basi lubrificanti prive di zolfo (basi di gruppo II) e quindi di qualità superiore rispetto alla quasi totalità delle basi attualmente prodotte dal greggio in Europa (basi di gruppo I).
2. Il prezzo di vendita delle basi lubrificanti ri-raffinate può risentire delle fluttuazioni di prezzo del greggio. Tuttavia i grandi impianti dimostrano di saper contrastare e reggere tali fluttuazioni maggiormente e più a lungo dei piccoli impianti, motivo per questo che gran parte dei nuovi progetti relativi ad impianti di rigenerazione da sviluppare in Europa riguardano impianti di dimensioni significative.

Nel citato studio Taylor Nelson Consulting, al capitolo 4, sono riportati dei dati numerici sul cosiddetto *Break Even Point* (Punto di pareggio) per alcune tecniche analizzate.

In generale, il *break even point* di un impianto di rigenerazione si colloca ad una lavorazione compresa tra 60.000 e 80.000 t/anno.

In effetti, però, il *break even point* dipende dai livelli di costi e di ricavi (con particolare riferimento al costo di fornitura dell'olio usato al netto di effetti fiscali), che sono fortemente influenzati dalle circostanze locali e dalle variazioni di prezzo del greggio. E' inoltre differente per ogni tecnologia applicata.

Quali esempi di *break even point* per specifiche tecnologie, lo studio riporta i seguenti:

1. Evaporatore a Film Sottile (TFE) + Finissaggio con le terre: il *break even point* è collocato tra 50.000 e 80.000 ton/anno con un 10% di R.O.I. (Tasso di Ritorno dell'Investimento) e l'olio usato consegnato all'impianto senza effetti fiscali.
2. Evaporatore a Film Sottile (TFE) + Hydrofinishing: il *break even point* è collocato a 80.000 t/anno circa con un 7% di R.O.I. e l'olio usato consegnato all'impianto senza effetti fiscali.

3. Thermal Deasphalting (TDA) + Hydrofinishing: il *break even point* è collocato a 100.000 t/anno circa con un 3% di R.O.I. e l'olio usato consegnato all'impianto senza effetti fiscali.

Infine si rende noto che normalmente il numero degli addetti , che naturalmente dipende dalla taglia dell'impianto, può essere stimato in 55 addetti diretti per 100 kt (potenzialità).

K DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Le BAT in senso generale sono da intendersi come parametro di riferimento per valutare l'efficienza sia di un impianto esistente che di un nuovo impianto, pertanto per la comprensione del presente capitolo e dei suoi contenuti è necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti:

- L'analisi delle migliori tecniche per l'individuazione degli aspetti ambientali fondamentali.
- L'individuazione dei migliori livelli di efficienza ambientale sulla base dei dati disponibili a livello nazionale, nell'Unione europea e a livello mondiale.
- L'analisi delle condizioni per cui tali livelli di efficienza ambientale sono stati raggiunti (affidabilità, qualità, sicurezza dei lavoratori, ecc.) nonché i benefici attesi tra i vari comparti ambientali (aria, acqua, suolo,energia, ecc.) che rappresentano i principali fattori di riferimento per l'applicazione delle migliori tecniche.
- Definizione dei livelli di efficienza ambientale, tecnica ed economica ottenibili, tenendo sempre presente il rapporto equilibrato costi/benefici a seguito dell'applicazione delle migliori tecniche.

Sulla base di tali valutazioni, i livelli di emissione (aria, acqua, suolo) di consumi (materie prime ed energia) e di produzione associati all'uso delle tecnologie in uso nel settore, a livello nazionale, non sempre riflettono le prestazioni ottimali degli impianti. In alcuni casi potrebbe essere tecnicamente possibile, con opportune modifiche impiantistiche, conseguire migliori livelli di emissione e/o di consumo, ma a causa dei costi necessari non risulta applicabile sotto il profilo economico la migliore tecnica.

I dati relativi ai costi definiti nel capitolo J forniscono un'indicazione di massima sull'entità dei costi. Tuttavia, come noto,i costi reali dell'applicazione di una tecnica dipendono in larga misura sia dalle situazioni locali che dalle caratteristiche tecniche dell'impianto interessato.

Laddove è possibile conseguire utilizzando una particolare tecnica o una combinazione di tecniche è possibile prevedere che i nuovi impianti possano essere progettati in modo da garantire prestazioni pari o superiori ai livelli delle BAT e quelli esistenti potrebbero essere portati a tali livelli, purché l'applicazione delle tecniche sia possibile sul piano sia economico che tecnico.

L GLOSSARIO

L1 Definizioni

Combustione

Utilizzazione degli oli usati come combustibile, con recupero adeguato del calore prodotto.

Concessionario

Il Raccoglitore autorizzato dal COOU ad accettare cessioni di Oli Usati per conto del COOU stesso e licenziatario del marchio consortile.

Conradson

Misura del carbonio residuo (espresso in w/w). Misura la tendenza dei composti organici a formare coke

COOU

Consorzio Obbligatorio degli Oli Usati costituito ai sensi del D.P.R. 23 agosto 1982 n. 691.

Cut

Termine usato in distillazione che definisce le diverse frazioni ottenute per distillazione

Deposito Temporaneo

L'accumulo praticato nel luogo di produzione, prima della raccolta.

Detentore

Chiunque, incluso il produttore, sia in possesso di oli usati. Esso è obbligato a cederli e trasferirli a norma degli articoli 6 comma 1 lettera c) e 7 comma 1 lettera c) del D.Lgs. 95/92.

Distillazione

Operazione con la quale si realizza la separazione di una miscela liquida in due o più componenti sfruttando le diverse loro temperature di ebollizione o evaporazione.

Eliminazione

Il trattamento oppure la distruzione degli oli usati, nonché il loro immagazzinamento o deposito sul suolo o nel suolo.

Emas (Environmental Management and Audit Scheme)

Regolamento 1836 emanato nel 1993, abrogato e sostituito dal regolamento n. 761/01 dall'Unione Europea per lo sviluppo di sistemi di ecogestione ed ecoaudit per le aziende operanti nell'ambito dell'Unione Europea.

Forni a griglia

Rappresentano la tipologia più diffusa e sperimentata per la realizzazione di camere di combustione e sono derivati da installazioni similari per la combustione di carbone. In tali tipi di impianti la combustione avviene progressivamente lungo una griglia, dotata di elementi mobili in grado di far avanzare e mescolare simultaneamente il rifiuto. A valle della camera di combustione i fumi passano attraverso una camera di post-combustione, che attua lo scopo di completare la combustione e minimizzare l'emissione di microinquinanti organici.

Forni a tamburo rotante

Sono costituiti da un cilindro rotante inclinato sull'orizzontale per facilitare l'avanzamento dei rifiuti. Sono adatti in genere per la termodistruzione di rifiuti speciali (solidi, fusti, fanghi, liquidi).

Forni a letto fluido

Derivano da applicazioni adottate nell'industria chimica. Sono caratterizzati da una griglia fissa che sostiene un letto di materiale inerte (sabbia+ceneri di combustione), mantenuto in uno stato di sospensione (fluidizzazione) dall'aria di combustione alimentata sotto la suddetta griglia. Le caratteristiche salienti di tale tipologia impiantistica sono l'elevata efficienza di combustione e i carichi termici specifici elevati che permettono la realizzazione di forni compatti. Altri vantaggi infine sono costituiti dalla notevole efficienza dei recuperi termici, nonché dalla presenza di pochi organi meccanici in movimento.

Miscele Oleose

Composti usati fluidi o liquidi solo parzialmente formati di olio minerale o sintetico, compresi i residui oleosi di cisterna, i miscugli di acque ed olio e le emulsioni.

Olio usato intero

Qualsiasi olio industriale o lubrificante, a base minerale o sintetica, divenuto improprio all'uso cui era inizialmente destinato, in particolare gli oli usati dei motori a combustione e dei sistemi di trasmissione, nonché gli oli minerali per macchinari, turbine o comandi idraulici e quelli contenuti nei filtri usati.

Raccoglitore

Impresa autorizzata ex legge alla raccolta degli Oli Usati.

Raccolta

Il complesso delle operazioni che consentono di trasferire gli oli usati dai detentori alle imprese di eliminazione degli oli.

Recupero

La rigenerazione e la combustione degli Oli Usati.

Registro degli Oli Usati

Registro nel quale devono essere riportati cronologicamente, per ogni operazione, i dati quantitativi, la provenienza e l'ubicazione degli oli ceduti ed eliminati da parte di chiunque produce, ottiene, detiene, raccoglie o elimina Oli Usati in quantitativi superiori a 300 litri annui.

Riciclaggio

Tecnica di disinquinamento e smaltimento dei rifiuti che consiste nel recupero, grazie a una raccolta differenziata, dei rifiuti.

Rigenerazione

Qualunque procedimento che permetta di produrre oli di base mediante una raffinazione degli oli usati che comporti in particolare la separazione dei contaminanti, dei prodotti di ossidazione e degli additivi contenuti in tali oli.

Smaltimento

La distruzione degli Oli Usati tramite incenerimento.

Stoccaggio

Il deposito preliminare alle operazioni di recupero o di smaltimento.

Trattamento

Le operazioni destinate a consentire la riutilizzazione degli oli usati attraverso la rigenerazione e la combustione.

L2 Abbreviazioni e acronimi

A

ASTM: American Society for Testing and Materials
API: American Petroleum Institute

B

BAT: Best Available Techniques
BOD: Biochemical Oxygen Demand
BTEX: Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene
BRef: BAT Reference Documents

C

CEI: Comitato Elettrotecnico Italiano
CEN: European committee for normalisation
COD: Domanda chimica di ossigeno (Chemical Oxygen Demand); ossigeno consumato per ossidare chimicamente le sostanze organiche ed inorganiche contenute nell'acqua in soluzione e in sospensione. Questo parametro viene principalmente usato per la stima del

contenuto di composti ossidabili e quindi del potenziale livello di inquinamento delle acque naturali e di scarico.
COOU: Consorzio Obbligatorio degli Oli Usati
COV: Composti Organici Volatili (VOC)

D

DAF: Dissolved Air Flotation

E

EC: European Commission
EEA: European Environment Agency
EE: Energia Elettrica
EG: Emissioni Gassose
EL: Emissioni Liquide
EMAS: Eco-Management and Audit Scheme

F

G

GAC: Granular Activated Carbon

H

HF / HDF: Hydrofinishing

I

IPPC: Integrated Pollution Prevention and Control
ISO: International Organisation for Standardisation
IPA: Idrocarburi policiclici aromatici (PAH)
IP: Istituto del Petrolio
IRR: Internal rate of return
IRSA: Istituto di Ricerca sulle Acque

L

M

MBT: Mechanical Biological Treatment

N

NOx: Ossidi di azoto, comprendono NO e NO_2. Il primo è un gas inodore e incolore che, pur costituendo in componente principali delle emissioni di NO_X, nell'aria viene gradualmente ossidato a NO_2. L'NO_2 ha un colore rosso-bruno ed è dotato, a livelli elevati, di un odore pungente.

O

O.U.: Olio Usato

P

PAH: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (IPA)
PCB: Policloro bi-fenile, hanno origine sintetica e sono composti da una miscela di 209 congeneri; hanno come caratteristica fondamentale la stabilità chimica e una relativamente bassa infiammabilità che consente loro un vasto impiego nell'industria elettrotecnica. Tali sostanze sono classificate come sostanze pericolose e sono caratterizzate da una forte persistenza nell'ambiente come bioaccumulabilità lungo la catena alimentare.
PCDD: Policloro di-benzo diossine
PCDF: Policloro di-benzo furani
PCT: Policloro tri-fenili
PDA: Propan De-asphalting
PF: Preflash
PF I: Preflash Primario
PF II: Preflash Secondario
PM: Particulate Matter
PST: Particolato Sospeso Totale, composizione di particelle di material di dimensioni estremamente ridotte tali da rimanere, sospesi in aria prima di depositarsi al suolo.

Q

R

ROI: Return of investment (Tasso di Ritorno Investimento)

S

SC: Sedimentazione e centrifugazione
SO_2: Biossido di zolfo, gas incolore e inodore, facilmente assorbito dal tratto superiore dell'apparato respiratorio.
SOC: Springs Oil Conversion

T

TAT: Trattamento con Acido e Terre
TDA: Thermal Deasphalting
TFE: Thin Film Evaporator
TOC: Total Organic Carbon
TT: Trattamento con Terre

U

U.E.I.L.: Unione Europea dei Produttori Indipendenti di Oli Lubrificanti.

UNI EN ISO 9001/2000: Serie di norme emanate dall'International Organization for Standardization (ISO) per l'introduzione di un sistema di gestione della qualità.
UNI EN ISO 14000/1996: Standard internazionale per l'implementazione del Sistema di Gestione Ambientale da parte delle imprese.
USAEPA: Agenzia per l'ambiente

V

VOC: Volatile Organic Compounds (COV) Composti organici volatili, nel ciclo del petrolio sono gli idrocarburi rilasciati nell'ambiente attraverso le emissioni diffuse. La fonte principale di emissione nell'atmosfera è rappresentata dall'uso di solventi.

W

WFE: Wiped Film Evaporator
WO: Waste Oil
WT: Waste treatment
WWTP: Waste Water Treatment Plant

APPENDICE 1

DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO N° 5 – STABILIMENTO RA.M.OIL

Lo stabilimento RA.M.OIL è suddiviso nei seguenti impianti di produzione:

- Blending oli combustibili e produzione gasolio bianco
- Impianto di distillazione lubrificanti (IDOL)
- Reparto Oli Bianchi
- Impianto di raffinazione paraffine
- Reparto blending lubrificanti
- Reparto gestione e incenerimento rifiuti
- Stoccaggio bitumi e produzione bitume modificato
- Servizi

1) <u>Blending oli combustibili e produzione gasolio bianco</u>

- **Descrizione dell'Impianto Gasolio Bianco**
  L'impianto per la produzione di gasolio bianco ha lo scopo di produrre gasolio emulsionato da destinare al mercato dei combustibili alternativi per autotrazione e riscaldamento.
  Sono previste come materie prime gasolio e acqua osmotizzata nonché additivi emulsionanti e glicole etilenico.
  L'impianto è controllato automaticamente tramite un PLC posto in un armadio di controllo locale.
  Il gasolio proveniente dal serbatoio di stoccaggio viene inizialmente miscelato con additivi, successivamente viene aggiunta l'acqua osmotizzata ed antigelo.
  Il composto così ottenuto viene inviato ad una serie di miscelatori statici che causano la frantumazione progressiva delle gocce di acqua fino ad ottenere un'emulsione omogenea.
  A valle dell'ultimo stadio di miscelazione l'emulsione viene convogliata ai serbatoi di stoccaggio previo raffreddamento.
- **Descrizione dell'attività di Blending Combustibili**
  Si realizzano nel parco serbatoi Isola C opportune miscele tra gasolio e BTZ per ottenere combustibili a varie viscosità e caratteristiche conformi alle specifiche richieste.

Rifiuti prodotti
Dai processi di blending combustibili e produzione gasolio bianco non si producono rifiuti.

2) <u>Impianto di distillazione lubrificanti (IDOL)</u>

- **Descrizione del processo**
  Basi lubrificanti a livelli di raffinazione intermedia, subiscono un processo di frazionamento attraverso successivi step di evaporazione, nell'impianto IDOL.
  L'alimentazione all'impianto proveniente dai serbatoi di stoccaggio a temperatura ambiente, è realizzata sotto controllo di livello del V-301 in uno scambiatore dove viene preriscaldata a spese del fondo degli evaporatori.
  L'olio in uscita dallo scambiatore entra nel degasatore dove vengono rimossi l'ossigeno e l'aria disciolti nella carica.

L'olio in uscita dal degasatore viene inviato al treno di preriscaldamento costituito da due scambiatori, uno a vapore e uno ad olio diatermico. La temperatura in uscita dal treno di preriscaldamento viene controllata variando la portata di olio diatermico.
Allo scopo di ridurre la portata totale di olio diatermico necessaria ai fabbisogni dell'impianto, lo scambiatore viene alimentato con l'olio diatermico in uscita dalle camicie degli evaporatori.
L'olio in uscita dallo scambiatore, viene alimentato, sotto controllo di portata, a due evaporatori. Nei due evaporatori avvengono le separazioni desiderate e quindi l'ottenimento delle varie frazioni lubrificanti da inviare al Reparto Oli Bianchi per la successiva raffinazione.
Il calore viene fornito agli evaporatori tramite olio diatermico caldo inviato in parallelo alle quattro camicie di riscaldamento.

Rifiuti prodotti
Dal processo di distillazione non si producono rifiuti.

3) **Reparto oli bianchi**

- **Descrizione del processo**
  Le basi lubrificanti semiraffinate e/o quelle provenienti dalla distillazione (IDOL) vengono raffinate e portate a grado "medicinale" in modo da poter essere impiegate in settori specifici (farmaceutico, alimentare, cosmetico, ecc.). Sono previsti livelli di raffinazione anche meno spinti al fine di ottenere i cosiddetti oli tecnici.
  Sono previsti due processi di lavorazione: solfonazione e acidificazione degli oli tramite oleum e acido solforico rispettivamente.
  Il processo di solfonazione con oleum è il più drastico dei processi di raffinazione. L'agente raffinante è in questo caso l'oleum, ossia una soluzione di SO_3 in acido solforico concentrato.
  Il trattamento viene effettuato facendo reagire in linea l'olio con l'oleum in un mixer dinamico, nei rapporti stabiliti e alla temperatura prevista.
  L'olio solfonato viene neutralizzato con soda caustica in coni dedicati prima dell'invio alla sezione di decolorazione con terre attivate.
  Per quanto riguarda il processo che utilizza invece acido solforico, l'olio viene messo in intimo contatto con acido solforico.
  L'operazione viene compiuta direttamente nei tini acidi di fondo conico. La separazione delle due fasi, che avviene per gravità, si compie in un tempo predefinito.
  Sia l'olio solfonato e neutralizzato che l'olio acidificato sono inviati ai miscelatori dove avviene per contatto allo stato fuso con terre decoloranti e successiva filtrazione su filtri-pressa fino all'ottenimento del prodotto secondo le specifiche richieste.

Rifiuti prodotti
Dal processo degli Oli bianchi si producono i seguenti rifiuti:

- *Catrami acidi*: Sono il risultato dell'acidificazione dell'olio in coni dedicati (coni acidi). Essi vengono spillati dal fondo dei coni acidi in barilotti di transito per poi essere inviati al serbatoio di stoccaggio. Dopo controllo analitico del laboratorio interno, i catrami vengono caricati in ATB per essere inviati ad un impianto esterno di recupero di acido solforico.
- *Acque solfatiche*: Sono il risultato della neutralizzazione con soda dell'olio solfonato. Esse vengono spillate dai coni di neutralizzazione e inviate ai serbatoi di stoccaggio dedicati da cui, previo controllo analitico del laboratorio, vengono caricate in ATB per essere conferite ad un impianto di trattamento esterno.

- *Terre esauste*: Sono il risultato della pulizia dei pannelli del filtro pressa. Essi vengono inviati con camion interno al reparto gestione rifiuti per lo stoccaggio provvisorio. Da qui vengono caricati per essere inviati ad un impianto di recupero esterno.

4) <u>Impianto raffinazione paraffine</u>

- **Descrizione del processo**

  Il processo prevede la raffinazione di cere paraffiniche grezze (petrolati), ovvero l'eliminazione di costituenti polari ed altri eventuali contaminati di natura macroscopica. Il processo consiste in un adsorbimento su terre decoloranti, nonché la miscelazione dei prodotti ottenuti con paraffine raffinate dure.

  La raffinazione avviene per contatto allo stato fuso con terre decoloranti e successiva filtrazione su filtri-pressa.

  In una delle apparecchiature di contatto, il petrolato grezzo viene portato insieme alle terre. Dopo un adeguato contatto si filtra la torbida.

  Il prodotto semiraffinato viene inviato all'altro contattore, per iterare il trattamento fino all'ottenimento delle caratteristiche desiderate. Infatti, per motivi di efficienza, il processo può prevedere più trattamenti di decolorazione e filtrazione del materiale grezzo, fino al raggiungimento delle caratteristiche del prodotto finito.

  Dopo verifica di laboratorio il prodotto viene inviato ai serbatoi di stoccaggio opportunamente termocondizionati, onde permetterne la successiva movimentazione.

Rifiuti prodotti

Dal processo di raffinazione paraffine si producono i seguenti rifiuti:

- *Terre esauste*: Sono il risultato della pulizia dei pannelli del filtro pressa. Esse vengono inviate con camion interno al reparto gestione rifiuti per lo stoccaggio provvisorio. Da qui vengono caricate per essere inviate ad un impianto di recupero esterno.

5) <u>Reparto Blending Lubrificanti</u>

- **Descrizione delle operazioni**

  Si tratta di un reparto destinato alla miscelazione di basi lubrificanti e additivi al fine di ottenere oli lubrificanti secondo formulazioni standard.

  Gli impianti sono costituiti da serbatoi, miscelatori, pompe e tubazioni annesse. Si effettuano miscelazioni tra oli, generalmente con l'aggiunta di additivi, al fine di formulare prodotti destinati ai più svariati usi nell'industria e nel settore della trazione.

  L'area blending prevede la produzione di oli per industria ed autotrazione e tratta una gamma molto vasta di prodotti, tra cui gli oli idraulici, gli oli per ammortizzatori ecc.

Rifiuti prodotti

Dal processo Blending lubrificanti non si producono rifiuti.

6) <u>Reparto gestione e incenerimento rifiuti</u>

Descrizione dell'attività

Questo reparto è adibito alla ricezione, cernita, movimentazione e stoccaggio dei rifiuti, siano essi di provenienza interna (prodotti da altri reparti), che di provenienza esterna e alla successiva fase di termodistruzione degli stessi. La termodistruzione avviene mediante incenerimento in forni appositamente progettati e realizzati dalla RA.M.OIL. S.p.A.

I rifiuti da termodistruggere che pervengono al reparto sono:

- *provenienza interna*: reflui oleosi, reflui acquosi, morchie di serbatoi.
- *provenienza esterna*: rifiuti liquidi forniti in ATB e imballi, nonché rifiuti solidi in scatole.

I materiali da termodistruggere, tipicamente liquidi o comunque fluidificabili per fusione contengono composti organici di varia natura. Lo stesso vale per i rifiuti solidi. Di qui l'importanza di assicurare una combustione completa, per non immettere composti parzialmente incombusti nell'atmosfera.

I fumi prodotti sono raffreddati, depurati e, infine, emessi controllando, a mezzo analizzatore in continuo, tutti i parametri previsti.

L'impianto di termodistruzione è composto da una sezione di incenerimento (forno) e da una sezione di lavaggio (depurazione fumi).

Nella sezione di incenerimento operano, alternativamente, due forni statici a doppia camera, ciascuno composto da un combustore propriamente detto e da un post-combustore. Questa configurazione assicura ai fumi della combustione un tempo di permanenza di oltre 2 secondi a temperature comprese di 960-1050°C, in modo da garantire la completa combustione anche delle sostanze più pericolose. Viene inoltre assicurato che la quantità di ossigeno residuo nei gas di combustione sia tassativamente non inferiore al 6,5% in volume. Tramite pompe, i reflui da incenerire vengono alimentati a spruzzatori posti sulla testata della prima camera dei forni, ove viene immessa anche l'aria necessaria alla combustione.

I reflui sono suddivisi per tipologie: acquosi, petroliferi, solventi, e sono stoccati in serbatoi dedicati.

I solidi sono stoccati in un magazzino ad essi dedicato e di volta in volta portati a distruzione, introducendoli nel forno attraverso un portello ubicato nella parte centrale della volta della prima camera.

La sezione di lavaggio provvede alla depurazione dei gas esausti aspirati in uscita dai forni. Essa si compone dei seguenti elementi.

Una torre di quenching a pioggia d'acqua alcalinizzata, dove si abbatte drasticamente la temperatura dei fumi e si asporta la maggior parte delle polveri trascinate dai forni.

Una torre di assorbimento, in cui una soluzione acquosa di idrossido di sodio neutralizza tutti i costituenti acidi dei fumi.

Un demister, in cui avviene un parziale abbattimento delle particelle d'acqua e polveri.

Due precipitatori elettrostatici, in cui viene perfezionato l'abbattimento di polveri e di goccioline d'acqua.

Il sistema di abbattimento così concepito garantisce il rispetto dei limiti di concentrazione degli inquinanti gassosi così come stabilito dal D.Lgs. 133/05.

Rifiuti prodotti
Dal forno di incenerimento si producono i seguenti rifiuti:

- *Ceneri e scorie*: Rappresentano il risultato delle pulizie periodiche del forno. Queste vengono, previo controllo analitico del laboratorio, stoccate in un cassone ubicato in un'area dedicata per essere poi inviate a discarica autorizzata.

6) **Stoccaggio bitume e produzione bitume modificato**

- **Descrizione del processo**
  La lavorazione si esplica attraverso cicli predefiniti secondo le seguenti modalità.
  Il bitume grezzo viene scaricato da autobotti dedicate nel serbatoio di ricezione. Tale serbatoio è dotato di serpentine interne a vapore per il riscaldamento e il mantenimento della carica alla temperatura desiderata.
  Dal serbatoio di stoccaggio il bitume grezzo, previo riscaldamento in uno scambiatore a olio diatermico, viene trasferito a mezzo pompa alla sezione di miscelazione. Tale sezione è costituita da miscelatori dotati di agitatori, da due coclee di dosaggio polimero, una pompa di rilancio e un molino.
  Durante il riempimento di uno dei due mix, la coclea ad esso associata dosa il polimero in pellets. Il continuo riciclo nel miscelatore attraverso il molino garantisce la voluta omogeneizzazione dei costituenti la miscela, conferendo al bitume particolari proprietà reologiche.
  A fine ciclo di lavorazione il prodotto è trasferito ai serbatoi di stoccaggio. Da questi a mezzo pompa si caricano le autobotti per la destinazione finale attraverso opportuna benna di carico situata in loco.

Rifiuti prodotti
Dall'attività di stoccaggio bitume e dalla produzione bitume modificato non si producono rifiuti.

7) **Servizi di stabilimento**

Lo stabilimento è dotato dei seguenti impianti ausiliari:

- Impianto trattamento acque reflue
- Serbatoi di stoccaggio utilities: acido cloridrico, azoto liquido, gasolio
- Centrale termica a vapore con annesso impianto di osmosi acqua di alimento caldaia
- Caldaia olio diatermico
- Stazione aria compressa
- Cabina elettrica
- Due gruppi elettrogeni

Rifiuti prodotti
Dai servizi di stabilimento non si producono rifiuti, dall'impianto trattamento acque reflue invece si producono i seguenti rifiuti:

- *Fanghi:* Sono il risultato della pulizia dei pannelli di fango del filtro pressa. Essi vengono inviati con camion interno in cassoni ubicati in area dedicata e da qui, previo controllo analitico del laboratorio, destinati a discarica autorizzata.

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

5 Gestione dei rifiuti

(Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di selezione, produzione di CDR e trattamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse)

INDICE

PREMESSA

Il presente documento riassume le proposte del Gruppo Tecnico Ristretto (GTR) sulla gestione dei rifiuti, istituito dalla Commissione Nazionale ex art. 3 comma 2 del DLgs 372/99, nell'ambito delle attività inerenti la redazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
Il GTR risulta così costituito:

- dott.ssa Rosanna Laraia (APAT, coordinatore) designata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Fabrizio De Poli (MATT), designato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Marco Di Basilio (ISPESL) e dott.ssa Loredana Musmeci (ISS), designati dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Di Masi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Guido Morini e dott. Paolo Cesco designati da Confindustria
- dott. Antonio Stifanelli designato da Federambiente

Il documento è stato elaborato nell'ambito del sottogruppo "Impianti di selezione, produzione di CDR e trattamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse" al quale hanno partecipato, oltre alla dott.ssa Rosanna Laraia, coordinatore del GTR i seguenti esperti:

- ing. Valeria Frittelloni (APAT)
- P.C.I. Letteria Adella (APAT).
- ing. Giuseppe Sorace (Federambiente)
- ing. Valentina Cipriano (Federambiente)

A - Scopi ed obiettivi

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come "IPPC"), per la redazione di linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD) meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.
A livello comunitario la Commissione Europea (CE) ha istituito da tempo, ai fini dell'attuazione della suddetta direttiva, un apposito "ufficio IPPC" con sede presso il Centro Comunitario di Ricerche di Siviglia. L'ufficio in questione coordina una serie di gruppi tecnici cui spetta il compito di redigere dei documenti di riferimento per l'individuazione delle BAT, i cosiddetti "**B**est Available Techiniques **Ref**erence documents", (BRefs).
Nel presente documento sono riportati i risultati dei lavori del GTR "Gestione dei rifiuti", sottogruppo "Impianti di selezione, produzione CDR e trattamento beni durevoli".
Riguardo agli impianti trattati nel presente documento, va evidenziato che sono individuati dalla Direttiva IPPC nell'ambito delle operazioni di trattamento di rifiuti non pericolosi di cui all'allegato IIA della direttiva 75/442/CEE al punto D9 con capacità superiore a 50 tonnellate al giorno (circa 15.000 t/anno). Per quanto riguarda i beni durevoli per la maggior parte classificati come rifiuti pericolosi il riferimento è quello relativo agli impianti di eliminazione di rifiuti pericolosi di cui alla direttiva 91/689/CEE quali definiti nell'allegato IIA con capacità superiore a 10 tonnellate al giorno (circa 3.000 t/anno).
Gli impianti oggetto del Rapporto sono inseriti, solo in parte, nel documento Europeo sulle migliori tecniche disponibili: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", in particolare il documento europeo non contiene alcuna indicazione riguardo agli impianti di trattamento e recupero di apparecchiature elettriche ed elettroniche.
In particolare il documento Bref tratta gli impianti di trattamento meccanico biologico finalizzati alla produzione di Combustibile derivato dai rifiuti (CDR) e gli impianti di stoccaggio, selezione, miscelazione, adeguamento volumetrico dei rifiuti destinati a successive operazioni di smaltimento/recupero.
Scopo principale del presente documento è quello di costituire un riferimento sulle conoscenze tecniche e tecnologiche del settore specifico, che possa essere di aiuto sia all'operatore in sede di presentazione della domanda di autorizzazione integrata ambientale, sia all'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare la relativa autorizzazione.
A tale fine si è cercato di fornire:

- un quadro quanto più esaustivo dello stato attuale e delle prospettive riguardo ai processi ed alle tecnologie di selezione e produzione di CDR, includendo in tale accezione non solo i rifiuti urbani (RU), ma anche i rifiuti speciali (RS) di origine commerciale o industriale, nonché gli impianti di trattamento dei rifiuti elettrici ed elettronici individuati dall'articolo 227 del D.Lgs 152/2006;
- informazioni riguardo agli attuali livelli di emissioni ed ai consumi di risorse (materie prime ed energia) del settore;
- alcune linee guida su possibili tecniche che possono costituire BAT di riferimento a livello nazionale, tenuto conto della specifica situazione del settore in Italia.

Sulla definizione delle BAT, in particolare, si intende qui evidenziare che la loro applicabilità non può risultare di carattere generale, essendo fortemente influenzata dalla tipologia di rifiuti trattati,

dalle caratteristiche dell'impianto di trattamento e, soprattutto, dalle condizioni locali nelle quali lo specifico impianto è installato.
A questo riguardo, di particolare rilevanza risulta essere l'aspetto relativo all'analisi costi-benefici delle BAT individuate, che assume un significato molto ampio che deve includere i costi ed i benefici sia per gli operatori che per la collettività.

B - Identificazione della normativa ambientale rilevante di settore
Di seguito, viene riportato un elenco non esaustivo della normativa comunitaria e nazionale in tema di gestione dei rifiuti e di riduzione dell'impatto sull'ambiente che può presentare risvolti sul settore del trattamento dei rifiuti.
L'elenco riportato non ha alcuna pretesa di completezza e non può, pertanto, costituire un riferimento da adottare nei procedimenti autorizzativi, anche alla luce del fatto che esso non include la normativa regionale, alla quale occorre attenersi per l'esercizio degli impianti.

B.1 Normativa Comunitaria

Direttiva 76/769/CEE del 27 luglio 1976 *concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 84/360/CEE del 28 giugno 1984 *concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.*
Direttiva 85/467/CE del 1° ottobre 1985 *recante sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di ammissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 86/278/CEE del 12 giugno 1986 *concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura*
Direttiva 89/369/CEE dell'8 giugno 1989 *sulla prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 89/429/CEE del 21 giugno 1989 *sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti esistenti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 91/271/CEE del 21 maggio 1991 *concernente il trattamento delle acque reflue urbane.*
Direttiva 91/689/CEE del 12 dicembre 1991 *relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 91/692/CEE del 23 dicembre 1991 *per la standardizzazione e la razionalizzazione delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente.*
Reg. (CEE) n. 793/93 del 23 marzo 1993 "*Valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
Reg. (CEE)n. 1488/94 del 28 giugno 1994 "*Principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, a norma del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio*".
Direttiva 94/31/CE del 27 giugno 1994 *che modifica la Direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 94/67/CE del 16 dicembre 1994 *sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi.*
Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 *sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.*
Decisione 96/350/CE del 24 maggio 1996 *che adatta gli allegati IIA e IIB della Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti.*
Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996 *relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose* (Seveso BIS).
Direttiva 96/59/CE del 16 settembre 1996 *concernente lo smaltimento dei Policlorodifenili e dei Policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Risoluzione 97/76/CEE del 24 febbraio 1997 *Strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti.*
Direttiva 99/31/CE del 26 aprile 1999 *relativa alle discariche dei rifiuti.*
Decisione 2000/532/CE del 3 maggio 2000 *che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art.1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*

Direttiva 2000/53/CE del 18 settembre 2000 *relativa ai veicoli fuori uso.*
Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 *che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque*
Direttiva 2000/59/CE del 27 novembre 2000 *relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico.*
Direttiva 2000/76/CE del 4 dicembre 2000 *relativa all'incenerimento dei rifiuti.*
Decisione 2001/68/CE del 16 gennaio 2001 *che definisce i parametri relativi ai PCB ai sensi dell'articolo 10, lettera a) della direttiva 96/59/CE concernente lo smaltimento dei policlorobifenili e policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Direttiva 2001/58/CE del 27 luglio 2001 *che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza).*
Decisione 2001/118/CE del 16 gennaio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti istituito dalla Decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/119/CE del 22 gennaio 2001 *che modifica la Decisione 2000/532/CE che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art. 1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*
Decisione 2001/573/CE del 23 luglio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/753/CE del 17 ottobre 2001 *relativa al questionario che gli Stati membri devono utilizzare per le loro relazioni sull'attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/151/CE del 19 febbraio 2002 *relativa ai requisiti minimi per il certificato di rottamazione rilasciato ai sensi dell'art. 5, paragrafo 3 della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/525/CE del 27 giugno 2002 *che modifica l'allegato II della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/1600/CE del 22 luglio 2002 *che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente.*
Decisione 2002/909/CE del 13 novembre 2002 *relativa alle norme italiane che dispensano dagli obblighi di autorizzazione gli stabilimenti o le imprese che provvedono al recupero dei rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 3 della direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Regolamento (CE) n. 2150/2002 del 25 novembre 2002 *relativo alle statistiche sui rifiuti***.**
Decisione 2003/33/CE del 19 dicembre 2002, *che stabilisce criteri e procedure per l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi dell'articolo 16 e dell'allegato II della direttiva 1999/31/CE.*
Direttiva 2002/95/CE del 27 gennaio 2003 *sulla restrizione d'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche.*
Direttiva 2002/96/CE del 27 gennaio 2003 *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Decisione 2003/138/CE del 27 febbraio 2003 *che stabilisce norme di codifica dei componenti e dei materiali per i veicoli a norma della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Comunicazione della Commissione Europea del 27 maggio 2003, *Verso una Strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti* - Com(2003)301 definitivo.
Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004 *"Modifiche alla direttiva 94/62/Ce sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio"*
Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004 *concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente*

Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005 *"Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"*- Com(2005)666 definitivo.
Decisione 2004/249/CE dell' 11 marzo 2004 *relativa al questionario ad uso degli stati membri sull'attuazione della direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Decisione 2004/279/CE del 19 marzo 2004 *concernente orientamenti per l' attuazione della direttiva 2002/03/CE relativa all' ozono nell' aria.*
Regolamento 2005/782/CE del 24 maggio 2005 *che stabilisce il formato per la trasmissione dei risultati delle statistiche sui rifiuti*
Regolamento 2005/1445/CE del 5 settembre 2005 *che definisce gli opportuni criteri di valutazione della qualità e i contenuti delle relazioni sulla qualità delle statistiche sui rifiuti ai fini del regolamento (CE) n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio*
Direttiva 2006/12/CE del 5 aprile 2006 *relativa ai rifiuti*
Regolamento 2006/1013/CE del 14 giugno 2006 *relativo alle spedizioni di rifiuti*

B.2 Normativa Nazionale

Normativa generale sui rifiuti e sugli impianti di trattamento rifiuti
Deliberazione del Comitato interministeriale 27 luglio 1984 *Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del decreto del Presidente della Repubblica* **10 settembre 1982 n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti**
D.Lgs 27 gennaio 1992, n. 99 *"Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura"*
Legge 28 dicembre 1993, n. 549 "*Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente*" (come modificata dalla **legge 16 giugno 1997, n. 179**).
D.M. 29 ottobre 1997 "*Approvazione statuto CONAI*".
D.M. 5 febbraio 1998 "*Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli artt.31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22*".
D.M. 28 aprile 1998, n. 406 "*Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti*"
D.M. 15 luglio 1998 "*Approvazione statuti consorzi di filiera*".
D.M. 1 aprile 1998, n. 145 "*Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli artt.15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del D.Lgs. 22/97*".
D.M. 1 aprile 1998, n. 148 "*Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli artt. 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4 del D.Lgs. 22/97*".
D.M. 4 agosto 1998, n. 372 "*Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti*"
D.M. 3 settembre 1998, n. 370 "*Regolamento recante le norme concernenti le modalità di prestazione della garanzia finanziaria per il trasporto transfrontaliero dei rifiuti*".
Legge 9 dicembre 1998, n. 426 "*Nuovi interventi in campo ambientale*"
Legge 25 febbraio 2000, n. 33 "*conversione in legge con modificazioni del D.L. 30 dicembre 1999, n. 500 recante disposizioni urgenti concernenti la proroga di termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB nonché l'immediata attuazione di risorse finanziarie necessarie all'attivazione del protocollo di Kyoto*".
D.M. 25 febbraio 2000, n. 124 "*Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e co-incenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della Direttiva 94/67/CEE del Consiglio del 16*

Dicembre 1994, e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del DPR 24 maggio 1988, n. 203 e dell'articolo 18, comma 2, lettera a), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22".

Legge 23 marzo 2001, n. 93 "*Disposizioni in campo ambientale*".

Legge 20 agosto 2001, n. 335 "*Conversione in legge del DL 16 luglio 2001, n. 286 recante differimento di termini in materia di smaltimento rifiuti*".

Legge 31 ottobre 2001, n. 399 "*Istituzione di una Commissione parlamentare di inchiesta sul ciclo dei rifiuti*".

Legge 21 dicembre 2001, n. 443 "*Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive*".

Direttiva Ministero dell'ambiente e tutela del territorio 9 aprile 2002 "*Indicazioni per la piena e corretta applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti*".

D.M. 12 giugno 2002, n. 161 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 22/97, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate*".

Legge 31 luglio 2002, n. 179, "*Disposizioni in materia ambientale*" (Collegato ambientale alla Finanziaria 2002).

DPCM 24 dicembre 2002 *Approvazione del nuovo modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2003*

D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 "*Attuazione della Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti*".

D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 182, "*Attuazione della direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi ed i residui del carico*".

D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 209, "*Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso*".

D.M. 8 maggio 2003, n. 203, "*Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30 % del fabbisogno medesimo*" (Green Public Procurement).

D.P.R. 15 luglio 2003, n. 254 "*Regolamento recante disciplina della gestione dei rifiuti sanitari a norma dell'articolo 24 della legge 31 luglio 2002, n. 179*".

Legge 31 ottobre 2003, n. 306 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee*" (Legge Comunitaria 2003).

D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell' elettricità*".

Legge 15 dicembre 2004, n. 308 "*Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione*"

DPCM 22 dicembre 2004 "*Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2005 - cap. 1 sezione veicoli a fine vita o fuori uso*".

D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133 "*Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti*".

D.Lgs. 25 luglio 2005, n. 151 "*Attuazione della direttiva 2002/95/CE, della direttiva 2002/96/CE e della direttiva 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti*".

D.M. 3 agosto 2005 "*Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica*".

D.M. 17 novembre 2005, n. 269 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi provenienti dalle navi, che è possibile ammettere alle procedure semplificate*"

D.Lgs 23 febbraio 2006, n. 149 "*Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs 24 giugno 2003, n. 209, recante attuazione della direttiva 2000/53/CE in materia di veicoli fuori uso*".

D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale"* , *parte IV*
Decreto 5 aprile 2006, n.186 *" Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22"*
D. Lgs 29 aprile 2006, n. 217 *"Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti"*.
Decreto 5 maggio 2006 *"Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili"*

Inquinamento atmosferico e contenimento emissioni
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 18*".
D.P.C.M. 21 luglio 1989 "*Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali*".
D.M. 12 luglio 1990 "*Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione*".
D.P.R. 25 luglio 1991 "*Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989*".
Legge 15 gennaio 1994, n. 65 "*Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992*".
D.M. 15 aprile 1994 "*Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 24 maggio 1991*".
D.M. 21 dicembre 1995 "*Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali*".
D.M. 19 novembre 1997, n. 503 "*Regolamento recante norme per l'attuazione delle Direttive CEE 89/369 e 89/ 429 concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari*".
D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351 "*Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente*".
D.M. 25 agosto 2000 "*Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203*".
D.M. 4 giugno 2001 "*Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337*".
D.P.C.M. 8 marzo 2002 "*Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione*".
D.M. 2 aprile 2002, n. 60 "*Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio*".
Legge 1° giugno 2002, n. 120 "*Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997*".
D.M. 20 settembre 2002 "*Attuazione dell'articolo 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico*".

Decreto 16 gennaio 2004, n. 44 *"Recepimento della direttiva 1999/13/CE relativo alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali ai sensi dell' art. 3, comma 2, del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203"*.
Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171 *"Attuazione della direttiva 2001/81/Ce relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici"*
D.Lgs 21 maggio 2004, n. 183 *"Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria"*.
D.M. 26 gennaio 2005 *"Istituzione presso la Direzione generale per la salvaguardia ambientale del comitato tecnico previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171"*

Tutela delle risorse idriche
Legge 11 novembre 1996. n. 574 "*Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari"*.
D.M. 23 marzo 2000 recante *"Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico"*.
D.M. 28 luglio 2004 *"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*.
D.M. 12-6-2003 n. 185 *"Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*
D.M. 6 luglio 2005 *"Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152"*
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale" , parte III*

Valutazione Impatto Ambientale e IPPC
Legge 8 luglio 1986, n. 349 "*Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 "*Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 27 dicembre 1988 "*Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377*".
D.P.R. 12 aprile 1996 "*Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale*".
D.P.R. 11 febbraio 1998 "*Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6*".
D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348 "*Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere*".
D.P.C.M. 3 settembre 1999 "*Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale*".
D.M. 23 novembre 2001 "*Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372*" (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES).
D.M. 26 aprile 2002 "*Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999*".

Legge 1° marzo 2002, n. 39 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee*" (Legge Comunitaria 2002).

D.M. 19 novembre 2002 "*Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999*".

D.L. 24 dicembre 2003, n. 355 così come convertito con modificazioni in **legge 27 febbraio 2004, n.47** "*Proroga di termini previsti da disposizioni legislative*".

D.M. 1° aprile 2004 "*Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale*".

D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 "*Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento*" (IPPC).

Sicurezza e Igiene del Lavoro

D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547 "*Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*".

D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 "*Norme generali per l'igiene del lavoro*".

Legge 5 marzo 1990, n. 46 "*Norme per la sicurezza degli impianti*".

D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447 "*Regolamento di attuazione della legge 46/90 in materia di sicurezza degli impianti*".

D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 "*Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".

D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 "*Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale*".

D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242 "*Modifiche ed integrazioni al Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante l'attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".

D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493 "*Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro*".

D.M. 10 marzo 1998 "*Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro*".

D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 66 "*Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro*" *(TITOLO VII del D.Lgs. 626/94).*

D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25 "*Attuazione della direttiva 1998/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro*".

D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233 "*Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive*" (TITOLO VIII-bis del D.Lgs. 626/94).

D.Lgs. 23 giugno 2003, n. 195 "*Capacità e requisiti professionali richiesti agli addetti ed ai responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori*".

D.Lgs. 8 luglio 2003, n. 235 "*Requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori*".

D.M. 26 febbraio 2004 "*Definizione di una prima lista di valori limite indicativi di esposizione professionale agli agenti chimici*".

D.M. 3 novembre *2004* "*Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio*".

D.Lgs.19 agosto 2005, n. 187 "*Attuazione della direttiva 2002/44/Ce sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche*".

Inquinamento acustico

D.P.C.M. 1° marzo 1991 *"Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"*.

Legge 26 ottobre 1995, n. 447 *"Legge quadro sull'inquinamento acustico"*.

D.M. 11 dicembre 1996 *"Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo"*.

D.P.C.M. 14 novembre 1997 *"Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"*.

D.M. 16 Marzo 1998 *"Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"*.

D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 *"Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto"*.

D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194 *"Attuazione della direttiva 2002/49/Ce relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale"*.

Sostanze pericolose

R.D. 18 giugno 1931, n. 773 *"Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza"*.

D.M. 3 dicembre 1985 *"Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delleComunità europee"*.

D.M. del 23 febbraio 1988, n. 84 *"Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi"*.

D.P.R. 24 maggio 1988, n. 216 *"Attuazione della direttiva CEE 85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 76/769 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183"*.

D.M. 11 febbraio 1989 *"Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB"*.

D.M. 17 gennaio 1992 *"Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT)"*.

D.M. 29 luglio 1994 *"Attuazione delle direttive CEE numeri 89/677, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 febbraio 1994, n. 146"*.

D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52 *"Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose"*.

D.M. 4 aprile 1997 *"Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza"*.

D.M. 28 aprile 1997 *"Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose"*.

D.M. 12 agosto 1998 *"Recepimento delle direttive 94/60/CE, 96/55/CE, 97/10/CE, 97/16/CE, 97/56/CE e 97/64/CE recanti modifiche alla direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi "*.

D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 174 *"Disciplina sanzionatoria per le violazioni delle disposizioni del regolamento (CEE) n. 793/93 relativo alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti"*.

D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 209 *"Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili"*.

D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334 *"Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose"*.
D.M. 26 gennaio 2001 *"Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva 2000/32/CE"*.
D.M. 11 aprile 2001 *"Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose"*.
D.M. 11 ottobre 2001 *"Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento"*.
D.M. 7 settembre 2002 *"Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio"*.
D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65 *"Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi"*.
D.M. 3 luglio 2003, n. 194 *"Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE del 22 dicembre 1998 della Commissione, che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE del Consiglio relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose"*.
D.Lgs. 25 luglio 2006, n. 257 *"Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro"*

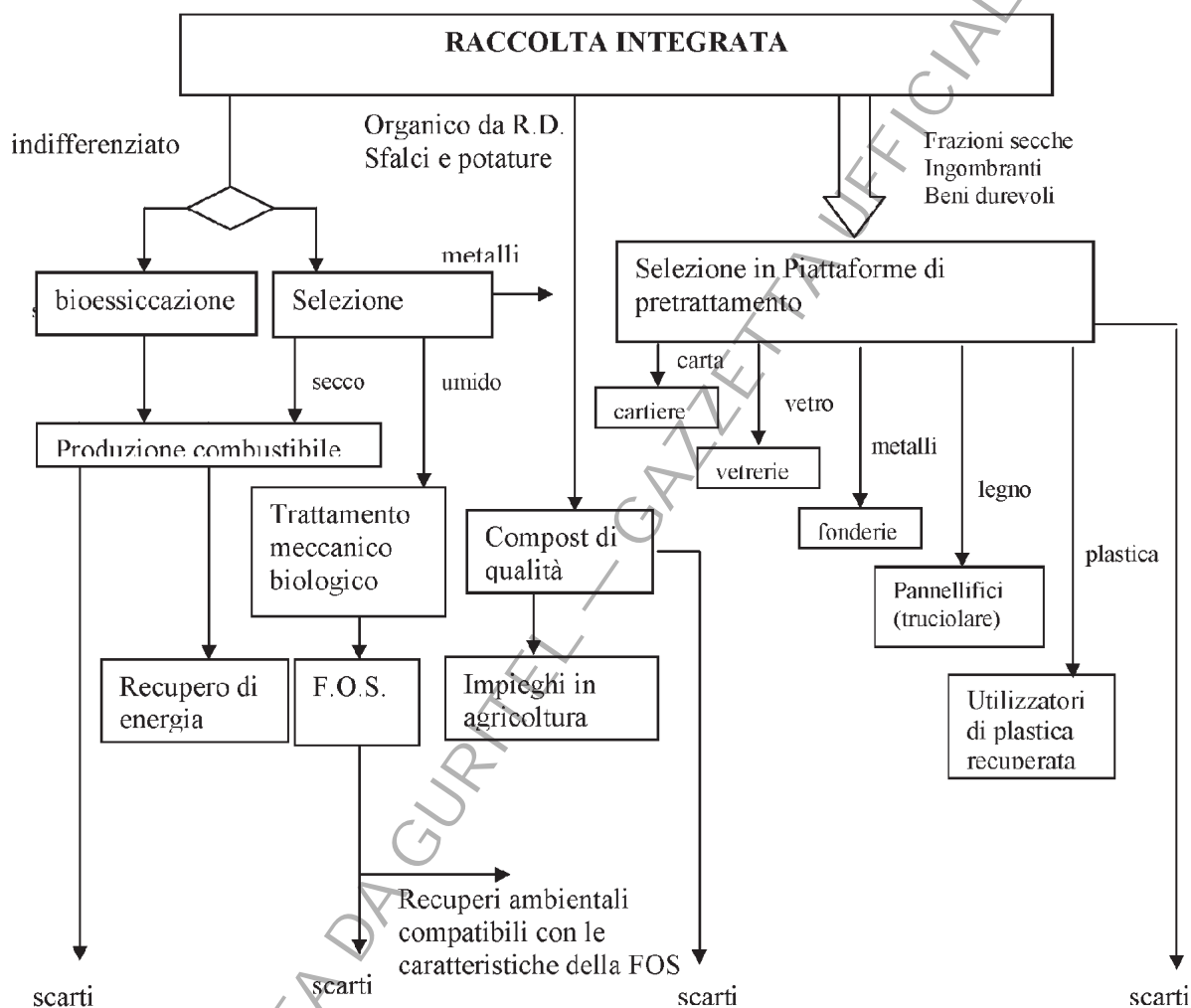
C) RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE CON RIFERIMENTO ALLA SPECIFICITÀ DEL TESSUTO NAZIONALE INDUSTRIALE

Al fine di tracciare un quadro di riferimento sulla situazione impiantistica in Italia, relativamente alla produzione di CDR, al trattamento delle apparecchiature elettriche ed elettroniche e alle piattaforme di selezione dei materiali provenienti dalla raccolta differenziata dei rifiuti, appositi censimenti vengono condotti e pubblicati, nei Rapporti annuali sulla gestione dei rifiuti urbani, dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici.

D) DESCRIZIONE DEI PROCESSI E DELLE TECNOLOGIE DI SELEZIONE, PRODUZIONE DI CDR, TRATTAMENTO DI APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE

D.1 Introduzione

Nella gestione integrata dei rifiuti gli atti di indirizzo e le direttive europee indicano come priorità il recupero dei materiali dai rifiuti seguito dal recupero di energia, effettuato sui residui non riciclabili. Per questo motivo, parallelamente all'espansione delle raccolte differenziate, che rappresentano la prima fase della gestione integrata, si sono sviluppate e affermate le tecniche impiantistiche di supporto alle attività di riciclaggio.
Alla raccolta differenziata dei materiali secchi, infatti, fanno seguito trattamenti delle frazioni preselezionate che sono indispensabili per l'accettazione da parte delle industrie di recupero, come vetrerie, cartiere, utilizzatori di plastica recuperata, produttori di truciolato, fonderie di ferro e altri metalli (altra sorte è quella della materia organica che viene avviata direttamente agli impianti per la produzione di compost di qualità).
L'interfaccia fra raccolta differenziata e riciclo è costituita da piattaforme in cui si eseguono operazioni diverse, sia per separare frazioni merceologiche omogenee, raccolte congiuntamente nella raccolta multimateriale, sia per migliorare la qualità del materiale raccolto, sia per selezionare all'interno della stessa frazione qualità diverse da avviare a differenti tipologie di impianti produttivi (ad esempio il cartone o la carta grafica da carta mista, o diversi polimeri dal mix di plastica)
Attraverso una selezione più spinta si realizza la produzione di materiali rispondenti a standard nazionali o internazionali o a specifiche tecniche dettate dall'industria che definiscono i requisiti necessari per introdurre i materiali nelle linee di lavorazione e indicano in particolare i limiti delle impurezze accettabili per l'utilizzazione.
Generalmente le piattaforme di lavorazione sono piccole unità operanti in rapporto stretto con le industrie di riferimento, alcune di esse sono nate già da parecchi anni ed appartengono al tradizionale mondo del macero, altre sono più recenti; gli sviluppi quantitativi di questi ultimi anni hanno dato un impulso a questo particolare settore industriale, in cui si sono inserite anche aziende pubbliche, con spinta verso l'uso di tecnologie più moderne e con la tendenza alla certificazione di qualità dei processi industriali e di qualità ambientale.
Anche se in molti di questi impianti si assiste ancora all'utilizzo generalizzato della selezione manuale, si va affermando la tendenza di limitare tale forma di selezione alle sole operazioni che non si possono meccanizzare (esempio la selezione degli ingombranti da cui si recuperano legno, materiali ferrosi e beni durevoli), e ad operazioni di "controllo di qualità", cioè di rifinitura, laddove le macchine non hanno un rendimento di separazione del 100%.
L'introduzione delle migliori tecnologie disponibili presuppone, quindi, un processo graduale sopratutto a causa dei risvolti economici e finanziari.
Una particolarità del settore è che la produzione di rifiuti conseguente alla selezione del materiale in ingresso deriva dalla necessità di eliminare le impurezze e quindi non può essere limitata all'adozione di migliori tecniche, ma esige che la selezione sia completa al fine di produrre materiali più facilmente allocabili sul mercato. Pertanto la produzione di rifiuti dipende molto dal metodo di raccolta e va considerata all'interno del sistema di gestione dei rifiuti nel suo complesso.
Altro tipo di impianti è quello che riguarda il trattamento intermedio dei rifiuti urbani e speciali indifferenziati residui dalla raccolta differenziata. Questi impianti sono inseriti in schemi in cui il recupero energetico è effettuato su una frazione ottenuta da trattamenti diversi che vanno da semplici triturazioni, o separazione della frazione fine, alla separazione dell'umido e alla preparazione di combustibile derivato dai rifiuti (CDR). La scelta dipende dalle diverse alternative di uso (forni dedicati, coincenerimento, cocombustione) e dal tipo di combustore utilizzato. Altra alternativa possibile è effettuare la bioessiccazione prima delle operazioni di selezione (in questo

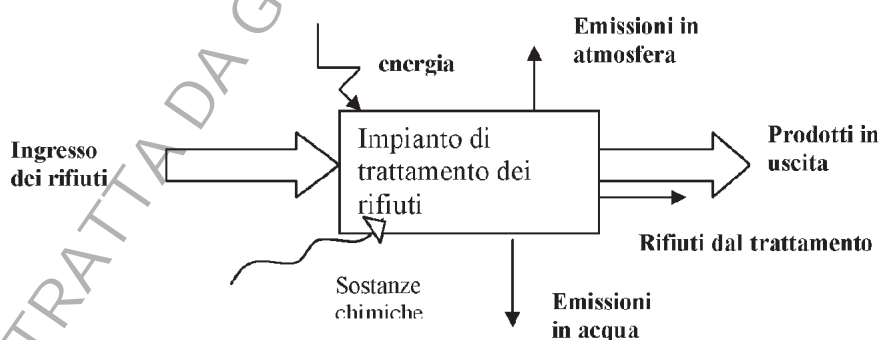
caso non si ha più la selezione della sostanza umida, ma eventualmente della stessa sostanza organica stabilizzata).
In ogni caso i suddetti impianti sono generalmente associati alle aziende che operano lo smaltimento dei RU e sono impianti di media dimensione. Le tecnologie di selezione e di preparazione del CDR si sono consolidate negli ultimi anni e si può ritenere che, entro i tempi normali di ammortamento degli apparati elettromeccanici, si possa avere un impiego generalizzato delle migliori tecnologie applicabili. Lo schema generale di gestione dei rifiuti a cui si fa riferimento è il seguente:

In sintesi:
La **selezione meccanica (o manuale)** si applica *alle frazioni separate* provenienti dalla raccolta differenziata con diverse finalità:

- *la selezione del multimateriale* serve a completare la raccolta differenziata in quanto restituisce all'uscita i 3 o 4 o più materiali separati e in genere privi di sostanze indesiderate (salvo ulteriori interventi di selezione per raggiungere i requisiti richiesti dall'industria del recupero).

- *la selezione dalle singole frazioni merceologiche* si effettua nelle apposite piattaforme ai fini della separazione dei materiali recuperabili dai rifiuti:
  - *dalla frazione cellulosica*: recupero di materie a specifica (come carta de-ink e cartone da carta mista) per migliorarne la qualità (pulizia da materiali estranei fino all'uno per cento).
  - *dalle materie plastiche*: selezione per polimero e per colore allo scopo di ottenere flussi di materiale omogeneo che hanno maggior valore commerciale.
  - *dagli ingombranti:* recupero di materiali ferrosi e di legno (in genere eseguita manualmente presso le stazioni ecologiche o presso stoccaggi provvisori nell'area di impianti di trattamento o di smaltimento).
  - *dalle apparecchiature elettriche elettroniche*: separazione dei rifiuti pericolosi e dei materiali da recuperare
  - *dai flussi di materiale organico biodegradabile* prima della triturazione (a monte del trattamento biologico) per separare le impurezze e, a valle della triturazione, per ottenere la purezza richiesta dal D.Lgs 217/2006, nel caso di compost di qualità.

La rimozione delle impurezze deve essere effettuata per ottenere materiali conformi ai requisiti richiesti dalle specifiche dei processi industriali relativi (es. per il vetro "pronto al forno") e può essere effettuata presso gli stessi impianti o in operazioni successive.
La **selezione meccanica** si applica *al rifiuto indifferenziato* per effettuare selezioni di materiali finalizzate a ulteriori recuperi (in genere metalli) e per separare frazioni combustibili o per preparare combustibili qualificati secondo la normativa vigente. Lo stesso tipo di processo con le stesse finalità può essere realizzato su *rifiuti indifferenziati precedentemente bioessiccat* .

D.2 Descrizione dei processi: schema generale

Da un punto di vista ambientale i processi di trattamento dei rifiuti, anche finalizzati al recupero energetico, devono essere sempre considerati in base allo schema seguente, in cui si mettono in evidenza ingressi e uscite di materiali ed energia oltre alle emissioni determinate dall'attività svolta:

I processi di trattamento finalizzati al recupero di materiali facenti parte di un sistema integrato di gestione dei rifiuti corrispondono in linea di massima alla sequenza di operazioni sotto riportata:

- raccolta differenziata
- trasporto all'impianto
- scarico in fossa o su pavimento a raso

- trattamento
- confezionamento del materiale trattato tramite addensamento, pellettizzazione o pressatura in balle
- stoccaggio
- carico su camion o trasferimento ad altra parte dell'impianto del rifiuto trattato o
- trattamento delle emissioni
- gestione dei rifiuti residui

Lo schema di processo sopra riportato ha elementi comuni a ogni tipo di trattamento eseguito. Di seguito vengono descritti nel dettaglio gli specifici processi corrispondenti a differenti tipologie di rifiuti e forme di trattamento.
In generale, in ogni impianto di trattamento sono sempre presenti emissioni dovute al carburante usato dai mezzi di trasporto a e dall'impianto e dagli eventuali mezzi di movimentazione interna. Normalmente, inoltre, vi sono emissioni di polvere al momento dello scarico e in prossimità di macchine che effettuano triturazione etc. Per questo motivo per ciascun processo si deve eseguire un'analisi degli effetti ambientali basati su una matrice del tipo seguente.

Tabella 1

	Sostanze rilasciate								
Sorgente	**Polveri**	**NOx, SOx, Hcl**	**NH_3, ammine**	**H_2S**	**COV**	**Odori**	**Altre sostanze organiche**	**Metalli**	**COD**
trasporto all'impianto	A	A			A	A			AQ
Scarico in fossa o su pavimento a raso	A	AQ	A,AQ		A	A	AQ		AQ
trattamento	A	A	A	A	A	A	AQ	AQ	AQ
confezionamento del materiale trattato con addensamento, pellettizzazione o pressatura in balle	A					A			
stoccaggio	A					A			
carico su camion o trasferimento ad altra parte dell'impianto del materiale trattato	A, T					A			

Legenda : A aria, T terreno, AQ acqua

D.3 Caratteristiche dell'organizzazione della raccolta differenziata

L'organizzazione del sistema di raccolta differenziata non ricade nell'ambito di applicazione della direttiva IPPC, tuttavia, determina la quantità e la qualità dei materiali selezionati e del materiale residuo (es. PCI del residuo indifferenziato) e quindi ha influenza sulla configurazione del sistema impiantistico a valle.
Per costruire un sistema integrato di gestione dei rifiuti occorre, quindi, fissare i seguenti elementi riferiti a un territorio e a un'utenza corrispondente al bacino di raccolta dell'impianto, normalmente corrispondente all'Ambito Territoriale Ottimale:

- gli obiettivi quantitativi di raccolta differenziata, per ogni frazione merceologica, compresa la frazione organica e il verde, e i tempi ritenuti necessari per raggiungerli, anche in base ai risultati intermedi ottenuti dall'entrata in esercizio;
- il metodo di raccolta differenziata utilizzato (porta a porta, a cassonetti, misto), le attrezzature distribuite agli utenti e quelle installate sul territorio, le sperimentazioni effettuate e la durata prevista dell'assetto attuale;
- la qualità attesa ed eventualmente rilevata nel primo periodo di esercizio (in termini di percentuale di sostanze indesiderate presenti nei materiali raccolti), in relazione al metodo usato, per ogni frazione merceologica;
- i costi della raccolta e i ricavi dai corrispettivi per il servizio di raccolta o per la cessione del materiale raccolto;
- le modalità di raccolta e certificazione dei risultati della raccolta differenziata e del recupero di materiali.

L'organizzazione del servizio dovrebbe essere mantenuta per un periodo almeno pari al periodo di ammortamento medio degli impianti connessi al trattamento successivo alla raccolta (da 5 a 9 anni).

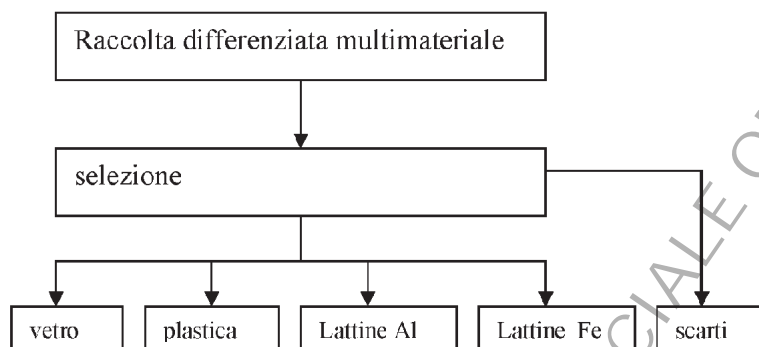
D.4 Piattaforme per il trattamento dei materiali da raccolta differenziata

Descrizione del processo di selezione nelle piattaforme di trattamento per il recupero dei materiali
L'evoluzione tecnologica sta progressivamente riducendo la necessità di cernita manuale nella selezione dei rifiuti, tuttavia ancora oggi sia la selezione manuale che quella meccanica vengono impiegate nelle piattaforme di trattamento per il recupero dei materiali.
Tradizionalmente la *cernita manuale* si utilizza sulle frazioni secche di rifiuti urbani, o su materiali provenienti dalla RD, ovvero su rifiuti speciali qualitativamente assimilabili agli urbani. Lo scopo è la separazione di materiali non eseguibile per via meccanica (in genere materiali di forma e caratteristiche fisiche simili); esempio: per differenti tipi di carta e cartone, per carta e cartone da plastica e altri tipi di rifiuti speciali, per contenitori in materiali plastici differenti per struttura polimerica o differenti per colore. Questo metodo deve essere messo a confronto con i dispositivi di selezione meccanica con cui si realizzano linee di elevata produttività e con qualità accettabile in cui l'intervento manuale è limitato al controllo di qualità, ovvero all'asportazione in linea di impurezze residue nella frazione selezionata meccanicamente.

Piattaforme per la selezione della raccolta multimateriale

Ingresso all'impianto: materiale costituito tipicamente da:
- 3 materiali eterogenei (contenitori in vetro, contenitori in alluminio, contenitori in banda stagnata)
- 4 materiali eterogenei (contenitori in vetro, contenitori in alluminio, contenitori in banda stagnata e contenitori di alimenti in plastica).

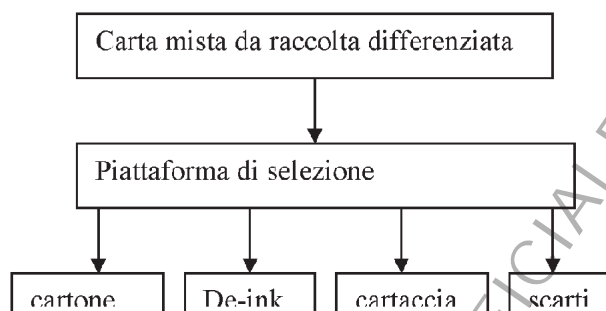
Scopo: separazione delle frazioni raccolte congiuntamente la cui composizione merceologica percentuale può variare notevolmente a seconda dei contesti territoriali e del tipo di raccolta che viene effettuata. Separazione delle impurezze costituite da rifiuti non corrispondenti a nessuna delle frazioni selezionate.

Tipo di processo: selezione meccanica o meccanica-manuale

Descrizione del processo:

- scarico del camion sul pavimento a raso
- carico dell'impianto con pala meccanica
- selezione dimensionale (materiali al disotto di 10 mm vengono scartati, materiali voluminosi o di grandi dimensioni vengono scartati: tipicamente film plastico e carta-cartone) con vaglio a doppio stadio
- selezione dei metalli ferrosi con elettromagnete
- selezione dei materiali leggeri (plastica, alluminio) con aspirazione dall'alto e successiva separazione in ciclone
- selezione dei metalli non ferrosi dal flusso dei materiali leggeri con macchina a correnti indotte
- selezione dei metalli ferrosi dal flusso del materiale pesante residuo
- controllo di qualità manuale del flusso residuo costituito per la massima parte da rottame di vetro.
- stoccaggio dei materiali separati in box con apertura automatica e pavimento mobile o in cassoni scarrabili
- immissione comandata dei materiali sul nastro trasportatore in uscita per la pressa e per il carico sui mezzi di trasporto
- pressatura della plastica
- carico sui camion dei materiali recuperati (vetro, plastica, lattine di ferro, lattine di alluminio)
- invio a discarica degli scarti

Destinatari: Riciclatori. Qualora le frazioni selezionate abbiano caratteristiche di qualità conformi a quelle specificate negli allegati tecnici all'Accordo Quadro ANCI-CONAI queste possono essere ritirate, previa stipula di convenzioni, dai Consorzi di filiera degli imballaggi.

Piattaforme per la selezione e pulizia della carta.
Ingresso all'impianto: materiale cellulosico costituito da carta mista da raccolta stradale o porta a porta e contenente carta di diverse qualità, cartone in proporzione variabile dal 20 al 70%, materiali estranei in quantità variabile dal 5 al 15%. In alternativa: materiale da raccolta selettiva contenente cartone in proporzione variabile dall'80 al 100%, carta in proporzione variabile dal 5 al 20% e materiali estranei in proporzione variabile dal 5 al 10%
Scopo: separazione di varie qualità di carta da macero (cartone, giornali e riviste, carta mista, classificati secondo le norme UNI EN 643). Separazione delle impurezze costituite da materiali estranei.

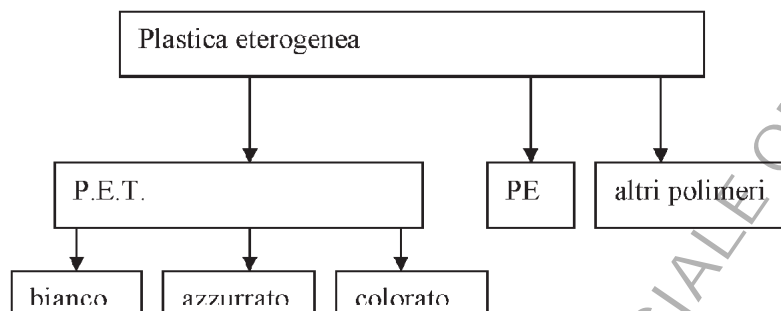
Tipo di processo: selezione meccanica, manuale o mista

Descrizione del processo:

- scarico dei materiali sul pavimento a raso
- carico dell'impianto con pala meccanica
- selezione dimensionale con vagliatura del fine e del cartone di grandi dimensioni (vaglio a due stadi)
- distribuzione del flusso di carta mista residua su un nastro in uno strato unico di materiale (il nastro di trasporto dopo il vaglio deve avere una velocità superiore a quello di carico)
- separazione della carta di giornali e riviste con sensori NIR e di forma o con cernita manuale
- scarto delle impurezze costituite da materiali non cellulosici
- controllo di qualità manuale
- stoccaggio delle diverse qualità selezionate
- pressatura delle diverse partite di carta ottenute
- smaltimento o riciclo degli scarti

Destinatari: Cartiere. Qualora le frazioni selezionate abbiano caratteristiche di qualità conformi a quelle specificate negli allegati tecnici all'Accordo Quadro ANCI-CONAI queste possono essere ritirate, previa stipula di convenzioni, dal Consorzio di filiera della carta (COMIECO).

Selezione di differenti tipi di materiali plastici (separati per polimero e per colore) dalla plastica eterogenea raccolta; qualità definita dalle norme UNIPLAST-UNI 10667

Ingresso all'impianto: materie plastiche provenienti dalla raccolta differenziata monomateriale o dall'impianto di selezione della raccolta multimateriale. La miscela proveniente dalla raccolta differenziata dei contenitori per alimenti contiene tipicamente dal 70 all'80% di PET, dal 10 al 20% di PE e minori quantità di altri polimeri come PP, PS, PSE, PVC.
Scopo: valorizzazione attraverso selezione per polimero ed eventualmente per colore, ottenere materiali con purezza elevata tramite eliminazione dei materiali estranei.

Tipo di processo: selezione meccanica, manuale o mista.

Descrizione del processo:

- ricezione e stoccaggio delle balle di plastica
- carico delle balle sull'impianto tramite muletto
- apertura delle balle e separazione dei materiali
- separazione dimensionale con scarto dei materiali fini e di materiali di grande dimensione (film) eseguita con separatore balistico che esercita anche azione di vagliatura
- separazione per polimero con macchina a sensori NIR che individuano il materiale da scartare e azionano un getto d'aria al momento della caduta dell'oggetto dal nastro trasportatore. Il getto d'aria spinge l'oggetto in un contenitore separato da quello che contiene gli altri oggetti costituiti da altro materiale. Se necessario l'operazione si ripete con diverse macchine in cascata (una per ogni polimero da separare dal flusso principale).
- selezione per colore con analisi colorimetrica eseguita sull'immagine rilevata da una telecamera che inquadra il flusso dei rifiuti e che attiva un getto d'aria per separare un oggetto di colore indesiderato. Se necessario si esegue la selezione su più colori (in genere il bianco e l'azzurro). Tutte queste operazioni possono essere fatte tramite la cernita manuale ovviamente con un diverso rapporto fra costi d'investimento e costi di esercizio.
- scarto dei materiali indesiderati
- pressatura delle diverse partite di materiale selezionato.
- Stoccaggio e carico su camion

Destinatario: Recuperatori di materiali plastici. Qualora le frazioni selezionate abbiano caratteristiche di qualità conformi a quelle specificate negli allegati tecnici all'Accordo Quadro ANCI-CONAI queste possono essere, previa stipula di convenzioni, dal Consorzio di filiera degli imballaggi in plastica (COREPLA).

Impianti per la separazione delle impurità dal rottame vetroso fino ad ottenere il vetro "pronto al forno" secondo le specificazioni contenute nel DM 5/2/98 e successive modificazioni

Ingresso all'impianto: rottame di vetro proveniente dalla raccolta differenziata monomateriale o dall'impianto di selezione della raccolta differenziata multimateriale.
Scopo: separazione delle impurità fino ad ottenere la qualità prescritta per il "vetro pronto al forno" secondo le specificazioni contenute nel DM 5/2/98 e successive modificazioni:

- granulometria > 3mm (sottovaglio 3mm< 5%)
- ceramica e porcellana < 0,01%
- pietre < 0,02%
- metalli magnetici< 0,002%
- metalli amagnetici< 0,01%
- materiali organici< 0,1%

eventuale selezione per colore.
Tipo di processo: selezione meccanica e manuale.

Descrizione del processo:

- scarico del materiale vetroso sul pavimento a raso
- carico dell'impianto con macchina operatrice
- separazione dimensionale di corpi estranei tramite vagli e tavole densimetriche
- selezione manuale di corpi estranei
- separazione di metalli ferrosi, metalli non ferrosi, materiali non trasparenti
- separazione del fine al di sotto di 3 mm.
- stoccaggio e carico su camion

Destinatari: Vetrerie; Qualora le frazioni selezionate abbiano caratteristiche di qualità conformi a quelle specificate negli allegati tecnici all'Accordo Quadro ANCI-CONAI queste possono essere ritirate, previa stipula di convenzioni, dai Consorzi di filiera degli imballaggi in vetro (Co.Re.Ve.).

Piattaforma per la selezione degli ingombranti

Ingresso all'impianto: Rifiuti ingombranti provenienti dalla raccolta domestica degli ingombranti

Scopo: selezione del ferro e del legno

Tipo di processo: manuale assistito da macchina operatrice

Descrizione del processo:

- scarico del materiale in una piazzola impermeabile e con raccolta separata del percolato
- selezione manuale del legno e del ferro e carico dei cassoni scarrabili appositi
- eventuale riduzione volumetrica del legno
- invio a smaltimento del residuo non riciclabile

Destinatari: Consorzio Nazionale recupero legno (Ri.Legno) e industrie di pannelli truciolari per il legno, Consorzio Nazionale Acciaio (CNA), fonderie per il ferro.

D.5 Processi di produzione del combustibile da rifiuti

I combustibili da rifiuti (CDR) si ottengono selezionando diverse tipologie di rifiuti ed in particolare separando la frazione non combustibile, ad esempio l'umido putrescibile e gli inerti (pietre, vetro, rottame metallico). In generale, i rifiuti in ingresso al processo di produzione di combustibile da rifiuti possono essere sia rifiuti urbani indifferenziati residui a valle della raccolta differenziata, che

rifiuti non pericolosi di origine industriale (scarti di produzione e rifiuti da post-uso industriale). A seconda dell'origine, varia, sia la composizione, che il grado di omogeneità dei flussi e, conseguentemente, la complessità del processo di trattamento. In conseguenza della sua origine e composizione il materiale in ingresso avrà caratteristiche differenti.
Per preparare un materiale combustibile partendo da rifiuti contenenti una frazione biodegradabile, quali i rifiuti urbani, in generale è possibile distinguere due tipi di Trattamenti Meccanici e Biologici (TMB):

1) trattamento di selezione del rifiuto residuo indifferenziato per la produzione di una frazione umida biodegradabile destinata alla biostabilizzazione ed una frazione secca ad alto potere calorifico
2) trattamento di biostabilizzazione/bioessiccazione del rifiuto indifferenziato residuo finalizzati ad aumentarne il potere calorifico rendendolo adatto all'uso come combustibile.

La produzione di combustibile da rifiuti si compone di diverse fasi.
Di seguito si elencano tecniche e fasi di trattamento (non necessariamente presenti in ogni impianto).

- Ricezione in aree debitamente attrezzate
- Eventuale preselezione di materiali indesiderati (ad es. ingombranti)
- Riduzione volumetrica (mulino a martelli, trituratore a lame, trituratore con rotore a rostri, e mulino a cascata)
- Separazione dei metalli. I sistemi più usati sono i separatori magnetici (overband, separatori rotanti, pulegge magnetiche) o separatori a correnti indotte per i metalli non ferrosi.
- Vagliatura. Si applica una separazione con un vaglio quando:
    - I prodotti da processi a monte richiedono un trattamento per essere compatibili con gli stadi successivi, cioè essere separati in diverse frazioni di dimensioni diverse
    - È richiesta una separazione tra frazioni fini e grossolane.
    - È richiesta una classificazione dimensionale del materiale. In questo tipo di processo è inclusa la selezione delle particelle più fini che spesso contengono una concentrazione di sostanze pericolose più alta, in particolare di metalli pesanti. La classificazione può essere eseguita con vagli rotanti, vagli oscillanti rettangolari o circolari, vagli vibranti, vagli piani e griglie mobili.
- Selezione:
    - Classificazione aeraulica
    - Spettroscopia a raggi NIR
    - Selezione automatica
- Degradazione biologica/essiccazione termica. Nel caso in cui debba essere ridotto il contenuto d'acqua per aumentare il potere calorifico è necessario un processo di essiccazione che può essere realizzato tramite un processo termico o biologico
- Compattazione/pellettizzazione; può essere fatta con presse a letto piatto, presse con matrice ad anello, o agglomeratori a disco
- Stoccaggio del prodotto/area di stoccaggio/tramogge
- Captazione e trattamento delle emissioni
- Trattamento dei reflui
- Carico e trasporto a distanza del CDR.

Dopo la preparazione del prodotto possono essere richiesti altri stadi per preparare il prodotto secondo le richieste dell'utilizzatore, per esempio un'ulteriore compattazione o un'ulteriore riduzione dimensionale.

D 5.1 Il combustibile derivato dai rifiuti (CDR)

Il combustibile da rifiuti è tipicamente incenerito in impianti dedicati o coincenerito in impianti di produzione di energia o in cementifici.

A secondo della applicazione possono cambiare i requisiti richiesti. Il processo di raffinazione viene spinto o meno in funzione del tipo di rifiuto in ingresso e dell'uso finale del combustibile da rifiuti. I processi di produzione del combustibile da rifiuti non sono ancora processi standardizzati.

La preparazione finale varia anche in funzione della distanza e del tipo dell'utilizzatore, se questo è lontano dallo stabilimento di produzione, la compattazione in balle o la pellettizzazione è preferibile per diminuire i costi di trasporto.

Il CDR può essere preparato in forma di fluff o addensato in pellets, cubi e mattoncini. Il PCI, a seconda della preparazione varia da 10 a 30 Mj/kg.

Il controllo della qualità del prodotto è basato sulla verifica delle specifiche richieste, usualmente dall'impianto che lo utilizza, in particolare le principali caratteristiche chimico-fisiche sono:

- PCI
- Contenuto in ceneri
- Umidità
- Materie volatili
- Composizione chimica (in particolare: C,H,O,N,S,Al,K,Na;P,Cl,F altri metalli)
- Contenuto in inquinanti (metalli pesanti, quali Cromo (VI), piombo, cadmio, mercurio, tallio, PCB, Zolfo, ecc.)

Ai sensi del decreto legislativo 152/2006, il combustibile derivato dai rifiuti (CDR) è il materiale ricavato dai rifiuti urbani (dopo separazione delle frazioni destinate a recupero di materia attuata con la raccolta differenziata) e dai rifiuti non pericolosi mediante trattamento finalizzato, sia all'eliminazione di sostanze pericolose o indesiderate per la combustione, sia a garantire un adeguato potere calorico.

Il CDR viene usato di norma come combustibile alternativo in cocombustione con altre fonti primarie o in coincenerimento con altri rifiuti.

Esempi di impieghi industriali:

- centrali termoelettriche alimentate con polverino di carbone
- cementifici alimentati con polverino di carbone o con altri combustibili solidi alternativi

Nella produzione del CDR possono essere presenti rifiuti speciali costituiti, in particolare, da:

- plastiche non clorurate
- poliaccoppiati
- gomme sintetiche non clorurate
- resine e fibre artificiali e sintetiche con contenuto di Cl< 0,5% in massa
- pneumatici fuori uso

Le caratteristiche chimico fisiche del CDR sono identificate dalla norma UNI 9903-1:2004 "*Combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti*".

Nel dettaglio, la norma UNI 9903, elaborata dal Comitato Termotecnico Italiano, comprende 14 parti[1] delle quali le principali, ovvero le prime tre pubblicate in una nuova versione nell'aprile 2004.

1 Struttura della UNI 9903 (N.B. : la prima parte del titolo di ognuna delle parti è "Combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti")

Numero	*Titolo*	*Sommario*
UNI 9903-1:2004	Specifiche e classificazione	La norma stabilisce la classificazione, le caratteristiche chimico-fisiche dei combustibili solidi ricavati da rifiuti, indicati convenzionalmente come RDF (refuse derived fuels), nonché le prescrizioni generali per il loro stoccaggio, movimentazione e trasporto

La norma UNI 9903 regolamenta la classificazione, le caratteristiche chimico-fisiche, le prescrizioni, nonché le metodologie di campionamento ed analisi per l'impiego ed il trasporto dei combustibili solidi ricavati da rifiuti, indicati convenzionalmente come RDF (Refuse Derived Fuels) destinabili ad usi termici civili ed industriali.
La revisione del 2004 della norma UNI 9903, ha portato alla modifica delle specifiche minimali relative alle due tipologie di RDF, al fine di:

- uniformare le caratteristiche minimali richieste per l'RDF di qualità normale a quelle previste per il CDR individuato dall'allegato 2 suballegato 1 al DM 5 febbraio 1998;
- definire, sulla base dell'evoluzione tecnica e dei parametri quali-quantitativi dei rifiuti disponibili, nonché di motivazioni di salvaguardia dell'ambiente e tenuto conto delle richieste degli utilizzatori finali, delle caratteristiche minimali per l'RDF di alta qualità, che lo rendano idoneo all'impiego, senza modifiche sostanziali delle apparecchiature di combustione disponibili, come combustibile alternativo in impianti industriali esistenti.

UNI 9903-2:2004	Termini e definizioni	La norma fornisce le definizioni per quanto riguarda i termini in uso nella normativa tecnica relativa ai combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti (RDF).
UNI 9903-3:2004	Campionamento e riduzione del campione	La norma stabilisce le procedure per la generazione di un campione di combustibile solido non minerale ricavato da rifiuti (RDF) ai fini della caratterizzazione di un lotto di produzione, nonché per la divisione di questo campione di massa in campioni di laboratorio per l'analisi
UNI 9903-4:1992	Determinazione della pezzatura.	Descrive il metodo per classificare l' RDF in funzione della pezzatura, per l'utilizzo da parte dei consumatori e dei produttori. Si applica alla frazione leggera estratta dai rifiuti solidi urbani o industriali, triturati ad una dimensione minore di 150 mm. Appendice A: Rapporto per l'analisi della pezzatura di RDF (tutte le masse sono espresse in grammi). Appendice B: Attrezzatura per stacciatura
UNI 9903-5:1992	Determinazione del potere calorifico del combustibile.	Descrive il metodo per determinare il potere calorifico superiore dell' RDF mediante il calorimetro a bomba
UNI 9903-6:1992	Determinazione del carbonio e dell'idrogeno contenuti nel combustibile.	Descrive il metodo per determinare il carbonio e l'idrogeno totali in un campione di RDF. Le due determinazioni si effettuano con un unico procedimento. I risultati non comprendono soltanto il carbonio e l'idrogeno presenti nella sostanza organica, ma anche il carbonio presente in carbonati minerali e l'idrogeno presente nell' umidita' libera che accompagna il campione, come pure l'idrogeno presente come acqua di idratazione.
UNI 9903-7:1992	Misura dell'umidita' totale in un campione di combustibile.	Descrive un metodo per determinare la misura dell' umidita' di un campione di RDF. E' utilizzabile sia dai produttori che dai venditori e utilizzatori di RDF. Data la natura empirica del metodo si richiede nella sua applicazione una rigorosa osservanza delle metodiche di analisi. Poiche' l' RDF ha un' umidita' estremamente variabile (da uno stato saturo d'acqua ad uno secco) particolare accuratezza va usata nella fase di campionamento, nella preparazione del campione e nella metodologia di analisi
UNI 9903-8:1992	Determinazione delle sostanze volatili.	Descrive un metodo per determinare la percentuale dei prodotti allo stato gassoso, con l'esclusione del vapore d'acqua, nei campioni di RDF. La quantita' di sostanze volatili, determinata con questo procedimento, puo' essere utilizzata per valutare le caratteristiche della combustione degli RDF
UNI 9903-9:1992	Determinazione delle ceneri nel combustibile.	Descrive un metodo per determinare le ceneri negli RDF; i risultati ottenuti possono essere utilizzati nell'analisi chimico-fisica ed elementare
UNI 9903-10:1992	Determinazione delle varie forme di cloro esistenti nel combustibile.	Descrive un metodo per determinare le varie forme di cloro nei combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti urbani di seguito chiamati RDF: cloro totale; cloruri solubili in acqua; cloro insolubile in acqua. Si applica a qualsiasi materiale ricavato dai rifiuti solidi urbani del quale possa essere approntato un campione per l'analisi di laboratorio. Questo metodo deve essere utilizzato dai produttori e dagli utilizzatori di RDF per la determinazione delle forme di cloro presenti nell' RDF di tipo 1 e di tipo 2 secondo UNI 9903/1.
UNI 9903-11:1992	Determinazione dell'azoto totale nel combustibile.	Definisce un metodo per determinare l'azoto contenuto come specie chimiche diverse nell' RDF.
UNI 9903-12:1992	Preparazione dei campioni di combustibile per l'analisi dei metalli.	Descrive 4 metodi per preparare un campione macinato di RDF per l'analisi dei metalli a mezzo di spettrofotometria in assorbimento atomico. Questi metodi devono essere utilizzati dai produttori e dagli utilizzatori di RDF tipo 1 e tipo 2 secondo UNI 9903/4, per la preparazione di RDF tipo 1 e 2 da sottoporre alle analisi dei metalli. Questi metodi possono essere applicati a qualsiasi materiale di rifiuto dal quale possa essere preparato un campione per l'analisi di laboratorio. Appendice A: Campionamento. Appendice B: Considerazioni sulla scelta del metodo. Appendice C: Proprieta' dell'acido perclorico
UNI 9903-13:1999	Determinazione dei metalli - Metodi per spettrofotometria ad assorbimento atomico	La norma prescrive i metodi per la determinazione dei metalli in soluzione, mediante la spettrofotometria ad assorbimento atomico sia per approvazione diretta che mediante la tecnica del forno. Sono pure utilizzati altri metodi particolari quali il metodo dell'idruro gassoso per arsenico e selenio, la tecnica del freddo per il mercurio ed il procedimento di chelazione-estrazione per determinati metalli
UNI 9903-14:1997	Determinazione del contenuto di vetro.	Descrive un metodo per determinare la massa di vetro di un campione di combustibile solido non minerale ricavato da rifiuti

La norma UNI 9903-1: 2004 prevede due classi di qualità del combustibile:

- **Qualità normale:** ricalca le specifiche definite dal DM 05/02/98, quindi quelle comunemente utilizzate dai produttori di CDR per ottemperare alla legislazione vigente;
- **Qualità elevata**: caratterizzata da specifiche più stringenti di quelle previste dalla legislazione vigente (i.e. "qualità normale"), sia per quanto concerne il contenuto di sostanze potenzialmente dannose per l'ambiente (metalli pesanti, ecc.), sia per quanto riguarda parametri di interesse tecnologico (potere calorifico, umidità ,ecc).

Limiti previsti dalla Norma UNI 9903-1

Parametro	u.m.	RDF qualità normale	u.m.	RDF qualità elevata
Umidità	% massa t.q.	max. 25	% massa t.q.	max. 18
P.C.I.	MJ/kg t.q.	min. 15	MJ/kg s.s.	min. 20
Ceneri	% massa s.s.	max. 20	% massa s.s.	max. 15
Cloro totale	% massa t.q.	max. 0,9	% massa s.s.	max. 0,7
Zolfo	% massa t.q.	max. 0,6	Mg/kg s.s.	max. 0,3
Pb (1)	mg/kg s.s.	max. 200	Mg/kg s.s.	max. 100
Cr	mg/kg s.s.	max. 100	Mg/kg s.s.	max. 70
Cu (2)	mg/kg s.s.	max. 100	Mg/kg s.s.	max. 50
Mn	mg/kg s.s.	max. 400	mg/kg s.s.	max. 200
Ni	mg/kg s.s.	max. 40	mg/kg s.s.	max. 30
As	mg/kg s.s.	max. 9	mg/kg s.s.	max. 5
Cd + Hg	mg/kg s.s.	max. 7	mg/kg s.s.	--
Cd	mg/kg s.s.	--	mg/kg s.s.	max. 3
Hg	mg/kg s.s.	--	mg/kg s.s.	max. 1
Contenuto di vetro	% s.s	*	% s.s	*
Fe	% s.s	*	% s.s	*
Fluoro	% s.s	*	% s.s	*
Al	% s.s	*	% s.s	*
Sn	% s.s	*	% s.s	*
Zn	% s.s	*	% s.s	*
aspetto esteriore		*		*
pezzatura	mm	*	mm	*
rammollimento ceneri	°C	*	°C	*

* Per questi parametri non è richiesto il limite di accettazione: Tuttavia, se ne raccomanda l'indicazione

(1) Frazione volatile, (2) Composti solubili

Determinazione della rispondenza alle specifiche

La rispondenza del combustibile alle specifiche sopra introdotte deve essere verificata con riferimento al lotto di produzione e secondo le metodiche di campionamento definite dalla UNI 9903-3.

Per quanto concerne il lotto di produzione, lo stesso viene definito dalla UNI 9903-2 "*Quantità di RDF prodotta in 5 settimane sequenziali sempre che durante tale periodo non avvengano variazioni significative delle tipologie dei rifiuti destinate al processo di produzione o del processo stesso. Se tali variazioni avvengono il lotto si intende interrotto all'accadere di tale variazione*".

Si hanno variazioni significative delle tipologie di rifiuti destinate al processo di produzione qualora nel corso di una settimana di produzione si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

1) venga utilizzato quale componente per la produzione del RDF un rifiuto di tipologia diversa (codice EER) da quelle utilizzate nelle settimane precedenti che costituiscono il lotto di produzione.

2) rispetto alla media delle settimane precedenti, si abbia una variazione quantitativa maggiore del 50% di una qualsiasi tipologia di rifiuti che, a seguito della variazione stessa o prima di essa, costituisce almeno 1/3 in massa del RDF in produzione

Campionamento e riduzione del campione (UNI 9903- 3:2004)
Campionamento e riduzione del campione sono trattati dalla UNI 9903-3:2004.
Tra i punti salienti da segnalare la definizione di una nuova metodica per la determinazione della massa degli incrementi campione; la massa minima dell'incremento viene correlata alla pezzatura massima nominale ed alla massa volumica del materiale da campionare.
La riduzione del campione prevede diverse metodiche:
1) riduzione per incrementi;
2) divisore a canne ;
3) prelievo e quartatura ;
4) paleggiamento alternativo ;
5) riduzione meccanica

Determinazione delle caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche
Le metodiche per la determinazione delle caratteristiche del combustibile sono trattate dalle altre parti della UNI 9903 (vedere nota 2).

D.5.2 Produzione di combustibile da rifiuti da selezione secco-umido e biostabilizzazione della frazione organica

Ingresso all'impianto: rifiuto indifferenziato residuo dalla raccolta differenziata
Scopo:

a) Effettuare un pretrattamento del rifiuto ai fini della sua termovalorizzazione.
b) Stabilizzare la frazione organica del rifiuto residuo.

Tipo di processo: meccanico

Descrizione del processo: (*schema a*)

- Scarico in fossa o su pavimento a raso
- Carico dell'impianto con carroponte o con pala meccanica
- Prima riduzione dimensionale
- Estrazione materiali ferrosi
- Separazione di materiale fine (< 20-30 mm); il materiale in uscita varia dal 70% al 75% del materiale in ingresso.
- Trasporto all'impianto di termovalorizzazione.

Il sovvallo combustibile che si ottiene ha un P.C.I. più elevato del rifiuto originale (10.500-11.700 kj/kg) rispetto al rifiuto indifferenziato e una percentuale di ceneri più bassa (15-20%). La massa di materiale inviata all'impianto di termovalorizzazione varia dal 70% all'75% della massa in ingresso.

c) Effettuare un pretrattamento costituito dalla separazione della parte combustibile dalla parte biodegradabile, con o senza separazione del fine.

Descrizione del processo: *(schema b)*

- Scarico in fossa o su pavimento a raso
- Carico dell'impianto con carroponte o con pala meccanica
- Prima riduzione dimensionale
- Estrazione materiali ferrosi
- Separazione di materiale fine (< 20-30 mm);
- Separazione della Frazione Organica Putrescibile tramite un vaglio (sezione di passaggio> 80 mm)
- Invio della frazione organica putrescibile alla stabilizzazione
- Invio del sovvallo secco alla termovalorizzazione

d) Spingere il trattamento fino a ottenere un combustibile rispondente alle specifiche fissate dalla norma UNI 9903-1:2004

Descrizione del processo: *(schema c)*

- Scarico in fossa o su pavimento a raso
- Carico dell'impianto con carroponte o con pala meccanica
- Prima riduzione dimensionale
- Estrazione materiali ferrosi
- Separazione della frazione Organica Putrescibile tramite vaglio (foratura interna minima: 60 mm)
- Invio della frazione Organica Putrescibile alla stabilizzazione
- Separazione dei materiali a maggiore densità dai sovvalli.
- Separazione dei metalli ferrosi
- Separazione dei metalli non ferrosi
- Seconda riduzione dimensionale (50*50 mm)
- A seconda della destinazione il CDR fluff così ottenuto può essere:
  - addensato (densità > 300 kg/m^3) per forni a griglia o a letto fluido bollente
  - pellettizzato (densità >600 kg/m^3) per forni a griglia o a letto fluido ricircolato
  - pressato in balle per forni a griglia alimentati con CDR fluff
- Stoccaggio e invio a destinazione.

Tabella 2

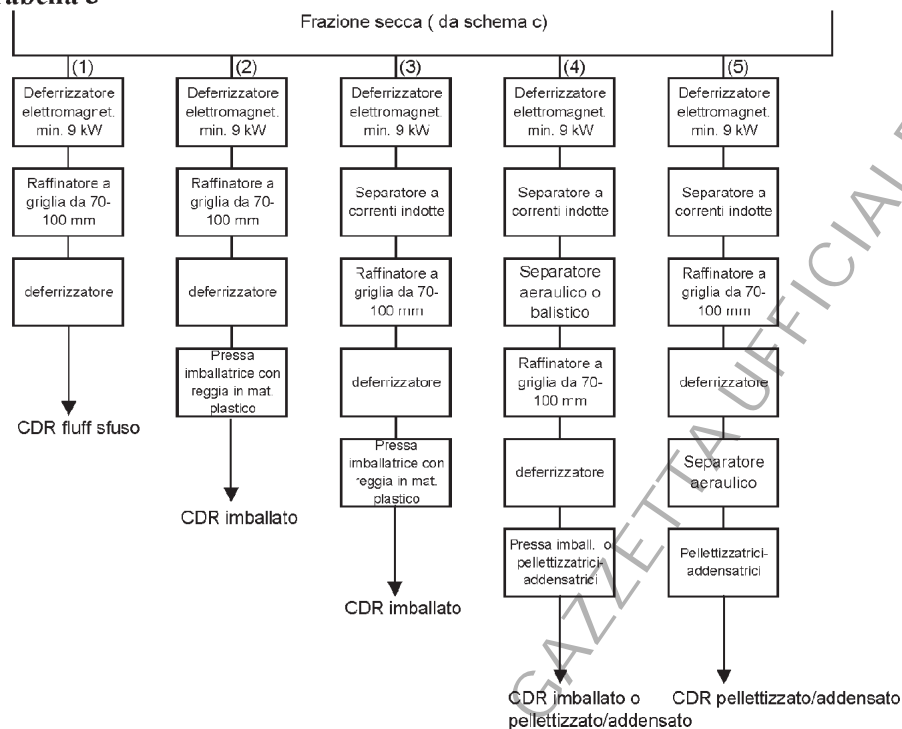
(1) Con foratura fino a 30 mm si ottiene un prodotto fine, umido, di aspetto terroso, con elevata concentrazione di inquinanti tipo metalli, vetro, ecc. Eventualmente da stabilizzare.

(2) Con foratura fino a 80 mm si ottiene un prodotto costituito in gran parte da sostanza organica con presenza di carta e plastica che deve essere e stabilizzato. La frazione di sopravaglio è pulita con scarsa presenza di organico

(3) Trituratore primario mono o bialbero a giri lenti che in caso di materiali intriturabili si blocca, inverte la marcia e tramite ampie aperture laterali permette l'intervento di rimozione del materiale

(4) Con foratura minima 60 mm

Le possibili alternative di produzione di CDR a partire dal sovvallo secco sono indicate negli schemi seguenti, a partire dal più semplice al relativamente più complesso.

Tabella 3

NOTE

(1),(2) Linee semplificate, necessitano di un raffinatore in grado di accettare materiali intriturabili con danni minimi al sistema di taglio

(3) Come le precedenti ma dotata di un separatore di metalli non ferrosi, anche in questo caso non è garantita l'eliminazione di materiali intriturabili

(4) Linea più complessa con l'inserimento di un separatore aeraulico o balistico con il preciso scopo di salvaguardare il sistema di taglio del raffinatore. La separazione aeraulica è più efficiente ma con maggiori probabilità di ingolfamenti dovuti alla pezzatura grossolana del materiale

(5) Maggiore complessità per la produzione di CDR pellettizzato o addensato dove la separazione aeraulica è inserita a valle del raffinatore (pertanto il raffinatore deve essere del tipo previsto nelle linee 1 e 2), con lo scopo di eliminare materiali pesanti ferrosi e non ferrosi, inerti e plastiche rigide per salvaguardare le filiere delle pellettizzatrici che diversamente si otturerebbero. In questo caso potrebbe essere omesso il separatore a correnti indotte.

D.5.3 Produzione di combustibile da rifiuti indifferenziati tramite processo di bioessiccazione

In alternativa al processo meccanico biologico di separazione e stabilizzazione della frazione organica e di trattamento più o meno spinto della parte secca, per ottenere materiale combustibile ad elevato P.C.I. si può procedere anche con il processo di bioessiccazione, che consiste nel produrre la reazione di fermentazione della parte organica insieme con gli altri rifiuti. Il riscaldamento della massa e una intensa aerazione provocano una biostabilizzazione/essiccazione non solo della frazione umida ma anche di altre frazioni come carta, legno, tessili, plastica. La perdita di massa dovuta all'ossidazione della frazione umida e all'essiccazione delle altre frazioni è di circa il 25%, il Potere Calorifico Inferiore del materiale che si ottiene dopo almeno 14 giorni di permanenza nel reattore è circa 15.000 kJ/kg. Riguardo alla stabilità biologica, determinata con metodi respirometrici (indice di respirazione dinamico - IRD), il parametro di riferimento del materiale bioessiccato non raffinato si assume non superiore a 700 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}.

Il bioessiccato ottenuto può essere inviato direttamente a recupero energetico o ulteriormente trattato allo scopo di ottenere un CDR con caratteristiche conforme alle specifiche di cui alla norma UNI 9903 –1: 2004./

Il trattamento successivo alla bioessiccazione è simile a quello eseguito per il sovvallo secco:

Descrizione del processo:

- scarico in fossa
- triturazione primaria
- biostabilizzazione e bioessiccazione dell'intera massa in reattore o biotunnel o biocella con areazione forzata. Tempo di permanenza da 7 a 14 gg.

Il materiale bioessiccato ha un'umidità di circa il 20% e può essere avviato direttamente a recupero energetico oppure trasformato in CDR, dopo un successivo trattamento consistente, ad esempio, in:

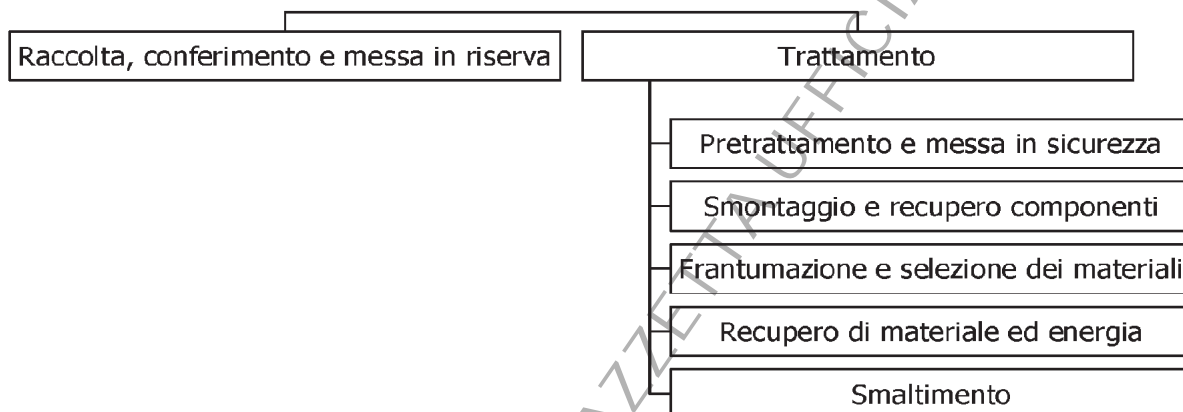
- vagliatura del fine
- deferrizzazione primaria
- triturazione secondaria
- deferrizzazione secondaria
- separazione aeraulica degli inerti e altri materiali ad elevata densità,
- asportazione metalli non ferrosi
- addensamento o pellettizzazione o semplice pressatura a secondo del tipo di alimentazione del forno di destinazione.
- trattamento degli scarti (da vagliatura e da selezione aeraulica) per recuperare gli inerti e/o metalli

Il CDR così ottenuto contiene una parte di sostanza organica biostabilizzata e bioessiccata e corrisponde a circa il 45-50% del rifiuto in ingresso. Il PCI è superiore a 17.000 kj/kg e può essere bruciato in forni (es. a letto fluido o in forni a griglia, tamburo rotante…)

D.6 Il trattamento dei beni durevoli e delle apparecchiature elettriche ed elettroniche.

La gestione delle apparecchiature elettriche ed elettroniche è attualmente disciplinata dal D.Lgs 151/2005 di attuazione delle direttive 2002/95/CE, 2002/96/CE e 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso delle sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché alla gestione dei rifiuti. In particolare, l'allegato 2 al D.Lgs 151/2005 individua i requisisti tecnici degli impianti di trattamento e l'allegato 3 individua le modalità di gestione dei RAEE negli impianti di trattamento stessi.

Tanto premesso, le attività di trattamento realizzate presso le piattaforme per apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse possono essere raggruppate in fasi alle quali vengono associate operazioni elementari; di queste, alcune sono comuni a tutte le categorie, altre si distinguono per tipologia di apparecchiatura. In particolare, le fasi principali sono la raccolta, il conferimento e la messa in riserva e il trattamento; quest'ultima è suddivisibile in: pre-trattamento e messa in sicurezza dei materiali, smontaggio e recupero del componente, frantumazione e selezione dei materiali, recupero di materiale ed energia, smaltimento.
La figura seguente fornisce una schematizzazione delle fasi.

Figura: Fasi della gestione delle apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse

Ingresso all'impianto: apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse (R.A.E.E.), in particolare beni durevoli, provenienti da appositi circuiti di raccolta.

Descrizione del processo:
- conferimento e messa in riserva;
- pre-trattamento e messa in sicurezza;
- smontaggio e recupero componenti;
- frantumazione controllata delle carcasse;
- stoccaggio delle componenti ambientalmente critiche;
- stoccaggio dei materiali recuperabili;
- stoccaggio dei componenti recuperabili;
- stoccaggio dei rifiuti non recuperabili, da destinarsi allo smaltimento, risultanti dalle operazioni di pretrattamento, messa in sicurezza e trattamento.

Destinatari: filiere produttive

Di seguito si riportano, per ogni fase, le specifiche comuni a tutte le apparecchiature elettriche ed elettroniche dimesse (R.A.E.E.).

Raccolta, conferimento e messa in riserva
Trattasi del complesso delle operazioni di trasferimento dei beni ad un centro di trattamento e loro stoccaggio in vista del recupero, in particolare, il carico su automezzi, il trasporto, lo scarico, lo stoccaggio e il prelievo per il trattamento.

Pre-trattamento e messa in sicurezza
La fase di pretrattamento e messa in sicurezza è una lavorazione preliminare – consecutiva al trasporto interno o esterno – finalizzata a rendere più sicuro lo svolgimento delle successive fasi di recupero, previo trasporto interno/esterno.
Essa consiste nella asportazione di parti mobili delle apparecchiature (sportelli, componenti e cablaggi elettrici, guarnizioni in PVC e/o gomma ed altre parti accessorie quali piani in cristallo, in acciaio, in plastica ecc.) e nella contemporanea rimozione, se necessario, dei materiali classificati pericolosi quali, ad esempio, CFC dai circuiti e dall'olio, interruttori con sostanze pericolose, condensatori, tubi catodici, schede elettriche ed elettroniche. Prevalentemente ai fini della sicurezza sul posto di lavoro, sono asportate in questa fase le sostanze facilmente infiammabili eventualmente presenti.
Smontaggio e recupero componenti
La fase di smontaggio richiede una definizione attenta di procedure al fine di garantire la possibilità di recupero dei componenti potenzialmente validi da un punto di vista tecnico - economico. Essa richiede, rispetto alle altre fasi, un maggior apporto di lavoro manuale, dunque, il contributo di procedure automatizzate non può essere spinto oltre certi limiti se non a scapito della flessibilità dell'operazione.
Le suddette operazioni devono consentire la costituzione di una forma di garanzia sulla durata di vita residua presunta per il componente recuperato.
L'impiego di eventuali componenti, utilizzanti fluidi refrigeranti la cui produzione è bandita dalla normativa vigente, deve essere adeguato ai limiti temporali e applicativi della normativa stessa.
I componenti e le apparecchiature recuperati devono tassativamente presentare i seguenti requisiti:
- devono riportare una marcatura dell'azienda/organizzazione che li ricondiziona e li pone sul mercato (in tal modo se ne assume la responsabilità e la marcatura funge da garanzia);
- la marcatura deve essere visibile, indelebile e tale da consentire la rintracciabilità del responsabile della re-immissione del componente sul mercato.

Frantumazione e selezione dei materiali
Durante questa fase si realizza la frantumazione e la selezione dei materiali da avviare al recupero (metalli ferrosi e non, plastiche, ecc.). Essa è caratterizzata da un maggiore impiego di energia e da soluzioni automatizzate e ad alto contenuto tecnologico.
Nella fattispecie, le operazioni di frantumazione della carcassa bonificata devono evvenire in locali di tipo industriale; in particolare la rottura delle parti contenenti le schiume poliuretaniche in cui sono presenti composti organoalogenati avviene in apposito impianto e con procedure tali da evitare il rilascio di suddetti composti, polveri ed altre emissioni in atmosfera.
La demolizione controllata comporta sviluppo di gas e polveri, pertanto, deve essere condotta in ambienti a contenimento statico, tenute con guarnizioni, o dinamico, mediante il mantenimento di opportune depressioni. Prima del rilascio in atmosfera, devono essere predisposti sistemi di abbattimento, la cui efficienza deve essere periodicamente misurata.
Deve essere esclusa la possibilità di generare situazioni di rischio per infiammabilità o esplosività di polveri e gas, anche ricorrendo a sistemi inertizzanti.
Recupero di materia ed energia [2]
I materiali selezionati dovranno essere prioritariamente reintrodotti nei cicli produttivi ovvero avviati a processi di recupero energetico.
Smaltimento[3]
I rifiuti prodotti dalle attività di bonifica e trattamento sono avviati a smaltimento nel rispetto della normativa vigente.

2 Le operazioni di recupero sono quelle elencate nell'allegato C alla parte IV del D.Lgs 152/2006.
3 Le operazioni di smaltimento dei rifiuti del ciclo non avviati a recupero sono quelle dell'allegato B alla parte IV del D.Lgs 152/2006.

D.7 Descrizione delle tecniche e delle tecnologie impiegate negli impianti di selezione, produzione CDR e trattamento apparecchiature elettriche ed elettroniche

D.7.1 Impianti di selezione dei rifiuti destinati al recupero di materia

I processi di selezione per il recupero dei materiali si realizzano con tecnologie altamente automatizzate che utilizzano macchine che operano la selezione a mezzo di sensori particolari, in alternativa o in aggiunta all'impiego della selezione manuale. Negli impianti più evoluti la selezione manuale è ridotta alla fase di rifinitura delle operazioni incomplete eseguite dalle macchine.

Piattaforme per la selezione della raccolta multimateriale

Ingresso: miscela di materiali diversi provenienti dalla raccolta differenziata la cui composizione merceologica percentuale può variare notevolmente a seconda dei contesti territoriali e del tipo di raccolta che viene effettuata.

Impianto costituito da:

- area di consegna e stoccaggio dei rifiuti al chiuso sul pavimento
- tramoggia con nastro di carico caricata da operatore con pala meccanica
- nastro estrattore di carico della linea
- vaglio oscillante
- nastro di distribuzione,
- separatore delle frazioni leggere (plastica, alluminio) per via aeraulica; i materiali giacenti sul nastro e distribuiti in maniera uniforme e monostrato passano sotto una cappa aspirante che li estrae dal flusso degli altri rifiuti e li convoglia a un ciclone dove si separano dall'aria e cadono in una tramoggia dove sono raccolti e inviati alla pressa.
- magnete overbelt per separazione dei metalli ferrosi; il ferro separato è stoccato in un contenitore sottostante alla linea di selezione
- dispositivo a correnti indotte per la separazione dei metalli non ferrosi (i materiali non ferrosi selezionati sono stoccati in un contenitore sottostante);
- controllo di qualità: gli operatori separano manualmente le frazioni diverse dal vetro rimaste nella corrente di rottami di vetro residua dopo la separazione degli altri materiali
- stoccaggio del vetro; il vetro, che rappresenta circa l'80% del peso del multimateriale, cade alla fine del nastro in un contenitore scarrabile sottostante con cui viene poi trasportato al successivo trattamento di raffinazione.
- asportazione ferro (in alcuni casi il ferro viene imballato da una pressa apposita)
- asportazione altri metalli
- pressatura e stoccaggio della plastica

Negli impianti più moderni i box di stoccaggio sono appoggiati su celle di carico in modo che si possa avere in tempo reale il peso delle singole frazioni separate.

Uscita: flussi separati di: materie plastiche miste, vetro di diversi colori, lattine in banda stagnata, lattine in ferro, rifiuti vari.

Prestazioni:	da 1 a 7 t/h
Impurezze nei materiali selezionati massimo	5 %.
Rendimento di separazione della plastica	90%
Rendimento di recupero	95%

Impianto di selezione meccanica per la selezione e pulizia della carta mista

Ingresso: carta mista qualificabile come gruppo 1dalle norme UNI EN 643 (ottobre 2002) composta da diverse qualità di carta (giornali, riviste, carta di uso domestico e da ufficio etc) e cartone in percentuali variabili dal 15 all'80% di cartone ma contenente dal 2 al 20% di impurezze:

Impianto costituito da:

- area di consegna e stoccaggio dei rifiuti cellulosici a pavimento al chiuso
- tramoggia con nastro di carico caricata da operatore con pala meccanica
- sistema di vagli (a dischi o oscillanti) per separazione del cartone dalla carta e per separazione dimensionale della carta stessa.
- distribuzione del flusso di carta mista residua su un nastro in uno strato unico di materiale
- separazione della carta di giornali e riviste manuale
- controllo di qualità manuale
- stoccaggio separato delle varie qualità di carta
- alimentazione meccanica della pressa
- pressatura in balle

Uscita: flussi separati di cartone, carta grafica, carta mista.

Prestazioni	5-7 t/h
Impurezze massimo	1%
Rendimento di separazione del cartone	80%
Rendimento di recupero dell'impianto	95%

Impianto per la selezione di bottiglie, o altri contenitori per liquidi, per polimeri e per colore, normalmente usato per la valorizzazione della raccolta differenziata delle bottiglie in PET.

Ingresso: flussi di contenitori per liquidi eseguiti in materie polimeriche diverse (PE, PET, PP, PS, PSE)

- Lo scarico avviene al chiuso sul pavimento.
- Una macchina operatrice alimenta la fossa da cui il nastro estrattore asporta il rifiuto convogliandolo alla linea di produzione.

La selezione viene realizzata come segue:

a) Una macchina schiaccia i contenitori (se provengono direttamente dalla raccolta) o apre le balle e stacca il materiale compattato se provengono da altra piattaforma. Il contenitore deve essere piatto in modo da non rotolare sul nastro di selezione.
b) Vagli rotanti e per la prima selezione dei rifiuti di piccola dimensione e per la selezione dei fogli di film di grande dimensione.
c) Vagli a doghe longitudinali oscillanti per la separazione delle plastiche leggere (shoppers). La funzionalità dei vagli oscillanti è determinata da:
   - lunghezza-larghezza del vaglio
   - ampiezza e frequenza di oscillazione
   - dimensione delle luci di passaggio

d) Nastro trasportatore su cui i contenitori sono disposti in un unico strato

e) Classificatore con dispositivo a NIR per la selezione dei polimeri. Il dispositivo analizza lo spettro del raggio riflesso dall'oggetto di plastica e ne registra la posizione, la dimensione e la forma sul nastro che lo trascina. Nel caso in cui l'oggetto sia da separare dal flusso principale viene azionato un getto di aria compressa in corrispondenza al passaggio dello stesso di fronte a un determinato ugello di una fila posta subito sotto alla testa del nastro. Il getto di aria compressa spinge l'oggetto e lo fa cadere in un vano diverso da quello in cui cadono per gravità.le altre bottiglie.

f) Dispositivo per analisi del colore degli oggetti e separazione per colore. Il dispositivo consiste di una telecamera assistita da uno scanner e da un analizzatore del colore che individua il colore dei contenitori che passano trascinati dal nastro (per riflessione o per trasmissione) e ne registra la posizione. I colori selezionati sono il bianco-trasparente (Clear) e l'azzurrato; il resto (verde, marrone, blu, ecc. fanno parte del flusso colorato). Con lo stesso meccanismo usato per la selezione del polimero la bottiglia del colore voluto viene spinta dal getto d'aria in un contenitore separato.
g) Controllo di qualità manuale
h) Stoccaggio delle diverse plastiche
i) Pressa per imballaggio.

Uscita: flussi separati di contenitori di un unico polimero e di un unico colore.
Capacità di separazione di ogni singolo polimero (PS, PP,: PET ,PE): tipicamente 95%.

Rendimento di separazione per colore:	max 97%
Produzione di un impianto di selezione:	da 0,5 a 5 t/h
Personale in linea:	2 persone per controllo di qualità per ogni flusso di diverso colore

Preparazione del vetro pronto al forno

Ingresso: rottame di vetro proveniente dalla raccolta differenziata dopo una prima selezione grossolana delle impurezze (tappi, etichette, rottami di porcellana e ceramica, pietre, carta e plastica)

Realizzazione della selezione:

a) vagliatura del rottame vetroso in tre pezzature con eliminazione del fine sotto 3 mm.
b) selezione manuale delle impurezze contenute nel rottame vetroso
c) eliminazione dei materiali ferromagnetici con magnete ad elevato gradiente
d) eliminazione materiali leggeri
e) eliminazione di materiali non trasparenti (ceramica, porcellana, frammenti di minerali diversi) con sensore NIR. Il rottame di vetro in pezzatura omogenea e ben disteso su un nastro senza sovrapposizioni passa sotto uno scanner a NIR che è in grado di riconoscere la trasparenza del pezzo e registra la posizione sul nastro dei pezzi non trasparenti in modo da comandare un getto d'aria nel momento e nella posizione in cui si trova il pezzo alla fine del nastro. Il getto d'aria investe il pezzo da scartare e lo fa cadere in un contenitore separato. La macchina è molto selettiva, ma non riesce a colpire solo il pezzo da scartare e quindi determina uno scarto più o meno elevato a seconda della precisione e della velocità del nastro
f) eliminazione dei metalli non ferrosi con macchina a correnti indotte.
g) seconda eliminazione di materiali magnetici con magnete ad alto gradiente (magnete al neodimio)

uscita: vetro pronto al forno con caratteristiche:
granulometria > 3mm (sottovaglio 3mm< 5%)
ceramica e porcellana < 0,01%
pietre < 0,02%
metalli magnetici< 0,002%
metalli amagnetici< 0,01%
materiali organici< 0,1%

<u>Tecnologie per la selezione del vetro per colore.</u>
Sono macchine in grado di riconoscere i tre colori del vetro (bianco, verde e marrone) e di separare il vetro ridotto in pezzatura di 5*5 cm nei tre colori. Da definire la taglia della macchina a e la sua produttività oraria.

D.7.2 Descrizione delle tecnologie disponibili per la produzione di combustibile da rifiuti

I processi di selezione dei rifiuti per la produzione di materiale ad elevato potere calorifico si realizzano con l'uso di macchine e altri componenti meccanici, essenzialmente vagli, trituratori, nastri trasportatori etc. Nella tabella 6 vengono indicate le principali caratteristiche dei componenti dei sistemi di selezione che vengono usati allo scopo.

Tecniche impiegate in un impianto di produzione di combustibile da rifiuti a seguito di un trattamento meccanico biologico consistente nella separazione secco umido e nella biostabilizzazione separata dell'organico

1. Raccolta e trattamento
I rifiuto in ingresso all'impianto è generalmente il rifiuto indifferenziato residuo dalla raccolta differenziata, ma possono essere consegnati all'impianto anche altri rifiuti come plastiche non clorurate, pneumatici fuori uso, poliaccoppiati, gomme sintetiche non clorurate, resine e fibre artificiali e sintetiche con contenuto in Cl< 0,5% in massa.

2. Consegna
I mezzi di conferimento arrivano nell'area di consegna dei rifiuti dove scaricano i rifiuti dentro la fossa di stoccaggio o in uno stoccaggio a pavimento. Lo scarico avviene dopo che il mezzo è entrato, attraverso porte dotate di apertura e chiusura automatica, in un ambiente chiuso e tenuto in depressione.

3 . Stoccaggio
Negli impianti di maggiore dimensione (>400 t/g) è necessario stoccare i rifiuti in una fossa, di solito realizzata in calcestruzzo e a tenuta d'acqua. All'interno di essa i rifiuti sono movimentati (allo scopo di miscelarli e di caricarli sulla linea) mediante una benna a polipo montata su di un carroponte. La cabina di alloggiamento dell'operatore del carroponte è posizionata in modo da consentire una buona panoramica dell'intera fossa rifiuti ed è munita di un sistema di ventilazione indipendente rispetto alla fossa. La capacità di stoccaggio della fossa è solitamente pari a 3-4 giorni di funzionamento dell'impianto nelle condizioni di progetto; essa risulta variabile in funzione delle caratteristiche dei rifiuti e di eventuali vincoli caratteristici del sito nel quale l'impianto è installato.
La fossa è tenuta in depressione e l'aria estratta può essere inviata agli impianti di biostabilizzazione o di bioessiccazione prima di essere depurata.

Negli impianti più piccoli lo scarico avviene su un pavimento a tenuta di liquido in cui è stata eseguita una piccola fossa che contiene una tramoggia in lamiera con un nastro estrattore. Un operatore movimenta i rifiuti con la pala meccanica che butta nella fossa i rifiuti scaricati sul terreno. Per la protezione contro gli incendi l'area di stoccaggio dei rifiuti è dotata di sistemi di rilevazione e di sistemi automatici di spegnimento ad acqua.
Le aree di stoccaggio devono essere adeguatamente protette, mediante idoneo sistema di canalizzazione, dalle acque meteoriche esterne, inoltre, deve essere previsto un opportuno sistema di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche, con pozzetti di raccolta muniti di separatori per oli e vasca di raccolta delle acque di prima pioggia.

4. Pretrattamento
Il nastro estrattore chiuso (ovvero la benna del carro ponte) convoglia i rifiuti nella tramoggia di un trituratore primario, che esegue una riduzione dimensionale fino a 300 mm. Il trituratore primario è una macchina caratterizzata da un basso numero di giri (da 30 a 60 rpm), costituita da uno o due rotori dotati di elementi di taglio muniti di rostri che eseguono un'azione di lacerazione e rottura venendo a contrasto di un pettine fisso con un accoppiamento lasco. Nel caso di rifiuti intriturabili il rotore torna indietro e dopo avere eseguito alcuni tentativi si blocca. In questo caso è possibile aprire la macchina ed estrarre il materiale intriturabile. Nelle macchine più moderne gli utensili di taglio sono applicati al rotore in modo da poterli cambiare quando sono usurati senza smontare tutto il rotore.
Il rifiuto passa quindi a una prima deferrizzazione e quindi al vaglio (da 40 a 60 mm) (ruotante o anche a dischi); da questo il sottovaglio costituito in massima parte da sostanza organica putrescibile passa alla fase di biostabilizzazione.
La parte secca (sopravaglio) viene trasferita con un nastro trasportatore chiuso alla raffinazione.

5. Raffinazione
Le operazioni che vengono eseguite consistono nel separare prima il ferro con un elettromagnete e i metalli non ferrosi con una macchina a correnti indotte.
Quindi viene eseguita la riduzione dimensionale a pezzatura max 100*100 mm con un trituratore secondario o raffinatore che può avere uno due rotori muniti di placche taglienti che esercitano una netta azione di taglio a contrasto con uno statore che ne copia esattamente la forma triangolare. Questa macchina ha in genere un numero di giri inferiore o uguale a 120 rpm; il materiale triturato è costretto passare attraverso una griglia che ha fori della dimensione della pezzatura voluta; il materiale che non passa viene nuovamente sottoposto all'azione di taglio. Anche queste macchine hanno il pregio di potere cambiare le placchette taglienti senza smontare il rotore e si bloccano quando trovano corpi infrantumabili.
L'ultima operazione è la selezione per densità eseguita con un sistema aeraulico attraverso il quale il flusso di materiale sciolto in caduta dalla testa del nastro viene sottoposto all'azione aspirante di una corrente d'aria prodotta da un ventilatore. I materiali più densi e compatti cadono nel vuoto mentre quelli più leggeri ed estesi seguono la corrente d'aria da cui sono poi separati tramite un ciclone che li scarica in basso attraverso una rotocella. In questo modo vengono separati gli inerti, ed eventuali metalli ancora presenti. Nel caso che il combustibile sia destinato a un forno a griglia non è necessario eseguire la deferrizzazione e la demetallizzazione prima della selezione aeraulica.

6. Condizionamento ai fini dell'alimentazione del forno e del trasporto
La parte successiva dell'impianto dipende dalle modalità successive di uso del combustibile prodotto (determinate dal tipo d'alimentazione del forno) nonché da quelle di trasporto del CDR fluff così prodotto, che si presenta sfuso e di densità inferiore a 100 kg/m^3. Le alternative sono:

A) nel caso in cui la tipologia di forno possa alimentare e bruciare il combustibile in forma di fluff è necessario:
- procedere alla pressatura in balle del combustibile prodotto. La maniera più semplice e poco costosa consiste nel legare le balle con reggette di plastica a distanza di 10-15 cm l'una dall'altra, ottenendo una densità di circa 0,6 t/m^3.
- usare una pressa stazionaria per caricare un semirimorchio statico da 25 tonnellate
- caricare (dall'alto o con un nastro trasportatore) un semirimorchio walking-floor da 25 tonnellate

B) nel caso la tipologia di forno (es. letto fluido) non consenta l'utilizzo del fluff è necessario:
- eseguire la pellettizzazione con una specifica macchina che comprime il materiale in cilindretti molto densi, in modo da raggiungere un peso specifico di 0,6 t/m^3, con un consumo di energia che va da 25 a 35 kWh/t. Con il termine addensamento si indica un procedimento simile ma meno spinto (densità circa 300 kg/m^3) e meno costoso.

Il processo di produzione di combustibile descritto può essere applicato anche al caso in cui alla selezione secco-umido segua la digestione anaerobica della parte umida, con rendimenti energetici complessivi evidentemente diversi. In determinati processi menzionati dal BRef europeo alla parte secca che viene trasformata in combustibile con i metodi descritti si aggiungono altri flussi provenienti dal rifiuto sottoposto a digestione anaerobica che hanno elevato potere calorifico; complessivamente da 1 tonnellata di rifiuto vengono prodotti 300 chilogrammi di combustibile che ha mediamente 16,5 Mj/kg di PCI e umidità pari al 24%.

Tecniche impiegate in un impianto per la produzione di combustibile da rifiuti indifferenziati tramite trattamento di bioessiccazione

Il conferimento e lo stoccaggio del rifiuto indifferenziato avvengono con le stesse modalità previste per l'impianto con biostabilizzazione dell'organico separata. Anche in questo caso il rifiuto viene caricato alla linea che porta al trituratore primario. Dopo la prima deferrizzazione il rifiuto viene immesso nella linea di bioessiccazione da cui esce dopo un periodo che va da 7 a 14 giorni, con una riduzione di massa di circa il 25%. Dopo il trattamento biologico si ha una selezione meccanica tramite un vaglio con fori da 20-25 mm da cui viene separata una percentuali rilevante (circa il 20% rispetto al rifiuto in ingresso) di scarti costituiti da inerti e organico essiccato e stabilizzato. Il sopravaglio viene poi sottoposto ad una nuova deferrizzazione e quindi all'asportazione dei metalli non ferrosi. Viene, quindi, ridotto alle dimensioni del fluff (110*100 mm) con un raffinatore delle stesse caratteristiche di quello descritto al paragrafo precedente. Successivamente si può eseguire la selezione aeraulica. Il fluff così ottenuto pur contenendo in parte della sostanza organica biostabilizzata, ha potere calorifico elevato (>15.000 kj/kg) e bassa umidità (<15%) .
Il fluff può successivamente passare al confezionamento del rifiuto in balle o in pellets-addensato, o può essere caricato sciolto sui camion, con la pressa stazionaria o con il walking-floor.
Gli scarti di questo tipo di impianto possono essere sottoposti a ulteriore selezione per separare gli inerti recuperabili e i metalli.

Il confronto fra i bilanci di massa delle due tecnologie è rappresentato dai due schemi seguenti.

Tabella 4 Bilanci di massa di un impianto di bioessiccazione e di un impianto di trattamento meccanico biologico

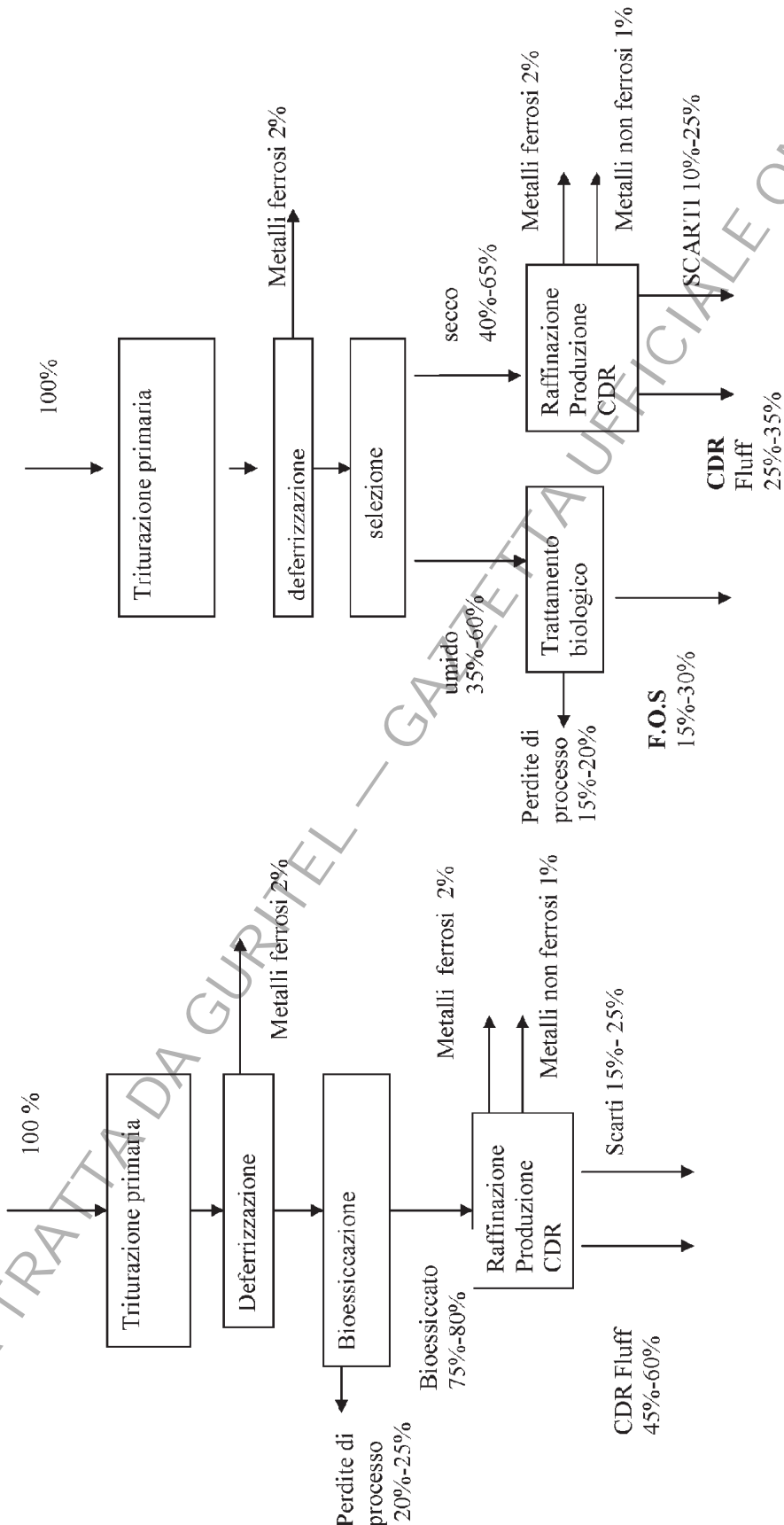
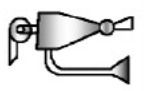
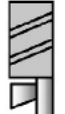
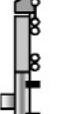



Tabella 5 Impianto di trattamento meccanico biologico

Frazione utile al recupero di energia	**Quantità prodotte (kg/t di RU)**	**Valore calorifico (Mj/kg)** **Inferiore superiore**
CDR	350 - 460	16,6 - 19,9
Frazione da cui non è possibile recuperare energia		**Destinazione dei materiali**
Ferrosi	32 - 40	Rottamatori
Non ferrosi	8 - 10	Recupero materiali
Inerti	48,6 (vetro <40)	Riuso
Frazione organica da avviare a trattamento biologico	550 perdite di processo 200 rifiuti pre trattati per discarica 350	TOC 18% in peso e PCU 6 Mj/kg Densità > 1,5 t/m^3 (tal quale) Conducibilità idraulica k < 10^{-8} m/s

Fonte: Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries

La tabella che segue elenca i principali componenti degli impianti di produzione di combustibile da rifiuti e mette in evidenza le caratteristiche di ciascuno di essi e l'uso che ne viene prevalentemente fatto. Vengono riportati anche elementi di costo di investimento, ovviamente riferiti al singolo componente e alla data di redazione di questo documento.

TABELLA 6: tipologie di apparecchiature utilizzate nei processi di selezione:indicazioni su migliori utilizzi, consumi e costi di investimento

Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Trituratore Primario		Tritura il tal quale in ingresso all'impianto, lacera i sacchi, strappa i materiali tessili e tritura i manufatti in plastica e legno. Può essere monorotore o birotore	A cesoie plurialbero (<15 rpm) Monoalbero (<60 rpm) Bialbero (<60 rpm)	Adatti a materiali tenaci ed elastici (tessili, gomme). Adatti per un rifiuto misto. Le dimensioni più contenute della bocca di carico permettono installazioni più compatte. Adatto per un rifiuto misto. La tramoggia più ampia garantisce meglio dalla formazione di ponti	**Bassa produttività e alte usure. Adatto a materiali resistenti (pneumatici).** Inadatto a rifiuti preval.entemente elastici e resistenti (tessili, gomme) Inadatto a rifiuti preval. elastici e resistenti (tessili, gomme)	7-15 kWh/ton	9000-15000 € per ton/h di potenzialità in ingresso
Lacerasacchi		Lacera e apre i sacchi.	A lame	Elevata produzione e bassi consumi energetici.	Completemente inadatto in presenza di altro tipo di materiali se non sacchi. Si blocca in presenza di manufatti metallici e/o inerti di grosse dimensioni.	2-4 kWh/ton	2500-4000 €/t per ora di potenzialità in ingresso
Vaglio		Separa i materiali in base alla loro pezzatura. Possono essere di tipo monostadio o pluristadio, a seconda del num. di zone vaglianti con fori di diametro differente. Spesso si utilizzano vagli bistadio.	Tamburo Vibrovaglio Vaglio a dischi	Macchina universale che rivolta completamente il materiale. Adatto a materiali di pezzatura piccola (<10 cm) e per separare materiali fini (fori < 4 cm). Fa saltellare il materiale ed ha alta produttività.	Macchine di grandi dimensioni Intasamento per fori >4 cm o per materiali bidimensionali (es. fili di ferro). Di difficile messa a punto e rumoroso.	0,5-1,5 kWh/ton	3000-4800 €/t per ora di materiale in ingresso
Magnete deferrizzatore		Separa i materiali ferrosi. Solamente per flussi di materiali a pezzatura uniforme e <15 cm il ferro estratto risulta "pulito ", ovvero senza inquinamento di plastiche, stoffe, carta.	Elettromagnete overbelt Magnete permanente Overbelt Puleggia magnetica	Adatto a flussi medio/grandi (10-30 ton/ora) e/o pezzat. medio/grandi (<400 mm) Semplice ed econ. Adatto a piccole pezzature (<200 mm) Economica, OK per pezzat. piccole (<100 mm) e/o in coazione con magneti overbelt.	Consumi elettrici superiori, macchina costosa Inadatta a grandi pezzature e in presenza di pezzi di ferro >3 Kg Inadatta a pezzature medio/grandi (>100 mm)	0,2-0,4 kWh/t (magnete permanente) 0,6 -1 kWh/t (elettromag.)	600-1500 €/t per ora di materiale trattato.
Separatore a correnti indotte		Separa i metalli non ferrosi (ad eccezione dell'acciaio inox). La sua efficacia risulta tanto maggiore quanto minore è la pezzatura del materiale (<15 cm)	A rullo induttore a magneti permanenti	Adatto a flussi medi (<15 ton/h). Permette di separare l'alluminio dannoso per combustibile destinato a letti fluidi.	Macchina costosa. Può causare pericoli quali incendi se il rifiuto non è stato accuratamente deferrizzato prima: oggetti di Fe che permangono sul tamburo rotante si arroventano.	0,7-1,2 kWh/t	3800-5000 €/t per ora di materiale trattato.

Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Tavola gravimetrica o densimetrica		Separa una frazione "pesante" da una "leggera" in base al peso specifico. Rendimento accettabile con pezzatura costante (<25 cm). Può anche separare un sottovaglio fine. E' utilizzata per separare gli inerti.	A elementi mobili, a moto vibrante.	Adatte a flussi bassi (<10 t/h), separano pesante, leggero, fine (varia pezzatura, fino a 10 cm).	Ingombri elevati, rendimenti di selezione di solito non elevati, di difficile messa a punto.	0,5-1 kWh/t	3300-5000 €/t per ora di materiale in ingresso
Separatore aeraulico		Separa una frazione "pesante" da una "leggera" in base al peso specifico tramite correnti d'aria. Rendimento buono con pezzatura costante (<25 cm). E' utilizzata per separare gli inerti.	A correnti d'aria, con aspirazione	Adatto a flussi medi (<15 t/h), aspira il materiale leggero e non quello pesante. Adatto per pezzature costanti (<25 cm). Flessibilità impiantistica	Elevati flussi d'aria da trattare, consumi energetici non marginali. Di difficile messa a punto.	1-3 kWh/ton	7800-15000 €/t per ora di materiale da trattare
Trituratore secondario		Riduce la pezzattura del combustibile pretriturato e selezionato per esigenze di combustione (<15 cm letto fluido, <3-4 cm cementeria) e/o addensam.(<10-15 cm). Mono o birotore, si danneggia con Fe e metalli.	Lenti a taglio (<120 giri/min)	Macchina sicura, dotata di frizione, si blocca con grossi corpi infrantumabili.	Bassi flussi (<5 t/h per pezz. <4cm, <10 t/h per pezz. <15 cm). Hanno alti consumi energetici.	15-23 kWh/t	17.000-33000 € per ogni ton/ora di potenzialità in ingresso
Pressa imballatrice		Imballa e reggia materiali di basso peso specifico (materiali combustibili, plastiche, stoffe) ai fini di stoccaggio e trasporto. La pezzatura deve essere >8 cm.	A canale orizzontale, con o senza pressore aggiuntivo	Adatta per grossi flussi (<30-40 t/h). Macchina robusta e di facile gestione.	Si danneggia in presenza di Fe o metalli di grosse dimensioni. E' una macchina costosa.	3-5 kWh/t	7800-9300 € per ogni ton/ora di materiale trattato.
Press-container		Compatta materiali di basso peso specifico direttamente in container e/o scarrabili	A canale orizzontale, senza camera di compattazione.	Adatta per grossi flussi (<30-40 t/h). Macchina robusta, di facile gestione ed economica.	Richiede un sistema di cambio container quando questi sono pieni. Per flussi importanti, il cambio deve avvenire anche ogni nezz'ora.	1-2 kWh/t	2300-3500 €per ogni ton/ora di materiale trattato
Pressa per mezzi gran volume		Compatta materiali di basso peso specifico trasferendoli poi in mezzi grande volume	A canale orizzontale, dotata di camera di compattazione	Adatta per grossi flussi (<30-40 t/h), consente di fare il pieno carico in mezzi grande volume (>70 mc di vol. utile).	Necessita di una accurata manutenzione del pistone di compattazione che è a più sfili e molto lungo (>10 mt fuori tutto). Macchina costosa.	1-2 kWh/t	7800-9300 €/t per ora di materiale trattato.

Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Addensatrici, pellettizzatrici, cubettatrici		Tramite estrusione attraverso una griglia forata addensano il materiale in cubetti o pellets. Possono trattare solamente piccoli flussi (<7 t/h), di pezzatura <15 cm e senza metalli.	A estrusione	Consente di semplificare lo stoccaggio (silos) ed ottimizza il carico. Il combustibile addensato è pienamente compatibile con l'utilizzo in forni a griglia o a letto fluido	L'addensato non è compatibile con l'alimentazione in cementeria. Le macchine sono molto sensibili alla presenza di metalli (l'Al tappa i fori), sono,inoltre, costose e consumano molta energia elettrica.	25-35 kWh/t	25000-35000 € per t/ ora di materiale trattato
Estrattori da tramoggia		Estraggono e regolarizzano il flusso di rifiuti da una tramoggia. Ne esistono di molti tipi. In questo caso si fa riferimento ai due tipi più diffusi:a tapparelle (Apron) o a traversini raschianti (Redler)	Apron	Robusto, adatto ad alti flussi (<50 t/h), inclinato Max. 45°, bassi consumi energetici.	Macchina costosa, sporca e richiede un redler di pulizia.	0,7-0,9 kWh/mt (Apron)	4000-12000 €/metro lineare
			Redler	Più economico, stesse prestazioni del tipo precedente, non sporca perché ricircola il materiale che finisce sul fondo.	Alte usure e alti consumi energetici.	1-1,5 kWh/mt (Redler)	
Trasportatori		Trasportano il materiale su tappeti o con redler. Possono essere carterizzati o aperti. Ne esistono di moltissimi tipi compositi. In questo caso si fa riferimento ai due tipi più diffusi.	A tappeto in gomma	Economico, bassi consumi energetici, adatto per tratte lunghe. Il tappeto liscio è adatto per inclinazioni <20°.	Sporca, richiede pulitori efficienti e controlli e registrazioni frequenti (centraggio e sostituzione tappeti).	0,3 -0,4 kWh/m (A tappeto)	2000-4500 €/mt lineare (A tappeto); 3500-8000 €/mt lineare (A palette raschianti)
			Redler	Consente scarichi multipli, è adatto per inclinazioni <70°, può essere è adatto per pezzature <15 cm (si usano modelli semplificati).	Costoso, alti consumi energetici, usure elevate.	0,5-0,9 kWh/mt (Redler)	

Presidi ambientali

1. Trattamento delle emissioni in atmosfera

Gli impianti di produzione di combustibile da rifiuti possono essere sede di emissione sopratutto di odori e di polvere, di NH_3 e in minore quantità di gas di combustione provenienti dai motori a combustione interna dei camion che scaricano i rifiuti e delle macchine utilizzate per la movimentazione dei rifiuti (pala meccanica, muletto).
In genere il luogo ove viene eseguito **lo stoccaggio dei rifiuti** e dove si producono sostanze odorigene, talvolta ammoniaca, e produzione di polveri in fase di scarico dei rifiuti, è soggetto a 2-3 ricambi d'aria/h; l'aria estratta viene utilizzata per il trattamento di biostabilizzazione o di bioessiccazione dei rifiuti, viene, quindi, inviata alla depurazione che può essere eseguita con biofiltro o con scrubber chimico.
Nella zona di **raffinazione** si produce un'elevata quantità di polveri e minori quantità di composti odorigeni. L'aria viene ricambiata 1-2 volte/h e se necessario inviata anch'essa ai reattori biologici, comunque dopo depolverazione generalmente su filtro a tessuto.

Riduzione delle emissioni di polveri

La riduzione delle emissioni di polveri generate nella zona di stoccaggio avviene a carico del sistema reattore biologico-scrubber ad acqua-biofiltro, in quanto il volume d'aria viene inviato al biofiltro dopo essere passato attraverso la massa dei rifiuti organici in fase di biostabilizzazione (o di tutti i rifiuti in fase di bioessiccazione).
La riduzione delle e emissioni di polveri generate nella zona di raffinazione si esegue normalmente con filtro a manica, che garantisce un elevatissimo abbattimento della concentrazione di polveri. Si utilizzano maniche in polipropilene o in poliestere con velocità di attraversamento non superiori a 1,2 m^3/m^2 al minuto. Il prelievo dell'aria da depolverizzare viene effettuato in prevalenza con aspirazioni concentrate rispetto ad aspirazioni diffuse, in particolare nella zona di raffinazione del combustibile da rifiuti.

Riduzione delle emissioni odorigene

Le emissioni odorigene in un impianto di produzione di combustibile da rifiuti sono associate allo stoccaggio dei rifiuti prima del trattamento, al trattamento biologico e in parte minore alla zona di raffinazione. La natura degli odori è quindi quella dovuta alla presenza delle sostanze osmogene (composti solforati- mercaptani, ammoniacali-amminici etc).
La tecnica utilizzata per l'abbattimento delle sostanze odorigene, corrispondenti a una modesta concentrazione di composti organici, nell'aria interessata, è generalmente quella dell'abbattimento tramite filtro biologico, dimensionato in modo da garantire un'emissione massima di 300 U.O.I./m^3 nell'aria trattata e mantenuto in buone condizioni di funzionamento (in particolare umidità e stato del materiale filtrante). Il biofiltro è in genere preceduto da uno scrubber a umido che provvede alla depolverazione dell'aria e alla sua umidificazione.

2. Controllo e trattamento delle acque reflue.

Le acque reflue dall'impianto di produzione di combustibile da rifiuti sono le seguenti:

- acque di processo (acque di percolazione della zona di scarico, acque di percolazione degli impianti biologici, acque di scarico dello scrubber e di condensazione del biofiltro).
- acque di prima pioggia dei piazzali
- acque meteoriche
- acque sanitarie

Le acque di processo sono in genere riciclate negli impianti biologici (in cui l'umidità della sostanza organica tende a diminuire al di sotto del valore utile per l'attività biologica) e non danno luogo a scarichi salvo casi eccezionali, comunque è buona norma avere uno stoccaggio adeguato da cui possano essere riciclate o essere inviate a depurazione.

Le acque di prima pioggia dei piazzali (corrispondenti a una precipitazione di min. 5 mm) devono essere captate e inviate a depurazione, insieme con le acque sanitarie.
Le acque meteoriche devono avere uno smaltimento separato e adeguato.

3. Gestione e trattamento dei rifiuti solidi

I rifiuti solidi prodotti in questo tipo di impianti sono gli scarti del trattamento, in particolare nella zona di raffinazione. Normalmente si tratta di rifiuti non pericolosi che non pongono particolari problemi di smaltimento. Occorre tuttavia distinguere fra i rifiuti prodotti nel processo seguente a una fase di biostabilizzazione, derivanti dalla selezione della parte secca dei rifiuti indifferenziati, che sono una piccola percentuale del rifiuto in ingresso, e quelli che si producono dopo una fase di bioessiccazione, che sono una percentuale fra il 15 e il 20% del rifiuto in ingresso. In questo caso occorre eseguire un'attenta analisi del contenuto del rifiuto in cui potrebbero essere presenti inerti riciclabili in quantità utile per mettere a punto un sistema di recupero.

4. Controllo dei rumori e delle vibrazioni

Le apparecchiature di produzione del combustibile da rifiuti possono produrre rumori e vibrazioni derivanti:

- dai trituratori primari e dai raffinatori secondari
- dai ventilatori e dai cicloni che effettuano la separazione aeraulica
- dal ventilatore che estrae l'aria dagli ambienti e la convoglia al sistema di depurazione
- dai nastri trasportatori

Sono pertanto prescritti limiti alla rumorosità delle macchine in esercizio (80 dB) per la tutela della salute dei lavoratori e limiti al rumore percepibile all'esterno sulla base della zonizzazione eseguita dall'autorità comunale.

Esempi applicativi dei processi di produzione del combustibile da rifiuti

A) Esempio di impianto di produzione di CDR

La configurazione della linea di trattamento RU con selezione meccanica e produzione di CDR è la più semplice in relazione allo scopo. La qualità del CDR prodotto è, infatti, di norma riferita alle specifiche tecniche di accettabilità dell'impianto utilizzatore per la valorizzazione energetica.

La linea di trattamento con produzione di CDR è costituita da:
SELEZIONE SECCO UMIDO

- Trituratore primario bialbero a rotazione lenta con controlama e con motorizzazione oleodinamica, destinato alla riduzione della pezzatura dei rifiuti conferiti.
- Nastro trasportatore in gomma completo di redler di pulizia nella parte inferiore.
- Deferrizzatore elettromagnetico di elevata potenza (10 kW), installato in senso trasversale al nastro di alimentazione.

- Vaglio rotante con fori da 60-80mm.
- Nastri in gomma per il trasporto del materiale triturato alle successive fasi di lavorazione, i nastri sono dotati, nella parte inferiore, di redler di pulizia per evitare la caduta del materiale nella zona sottostante.

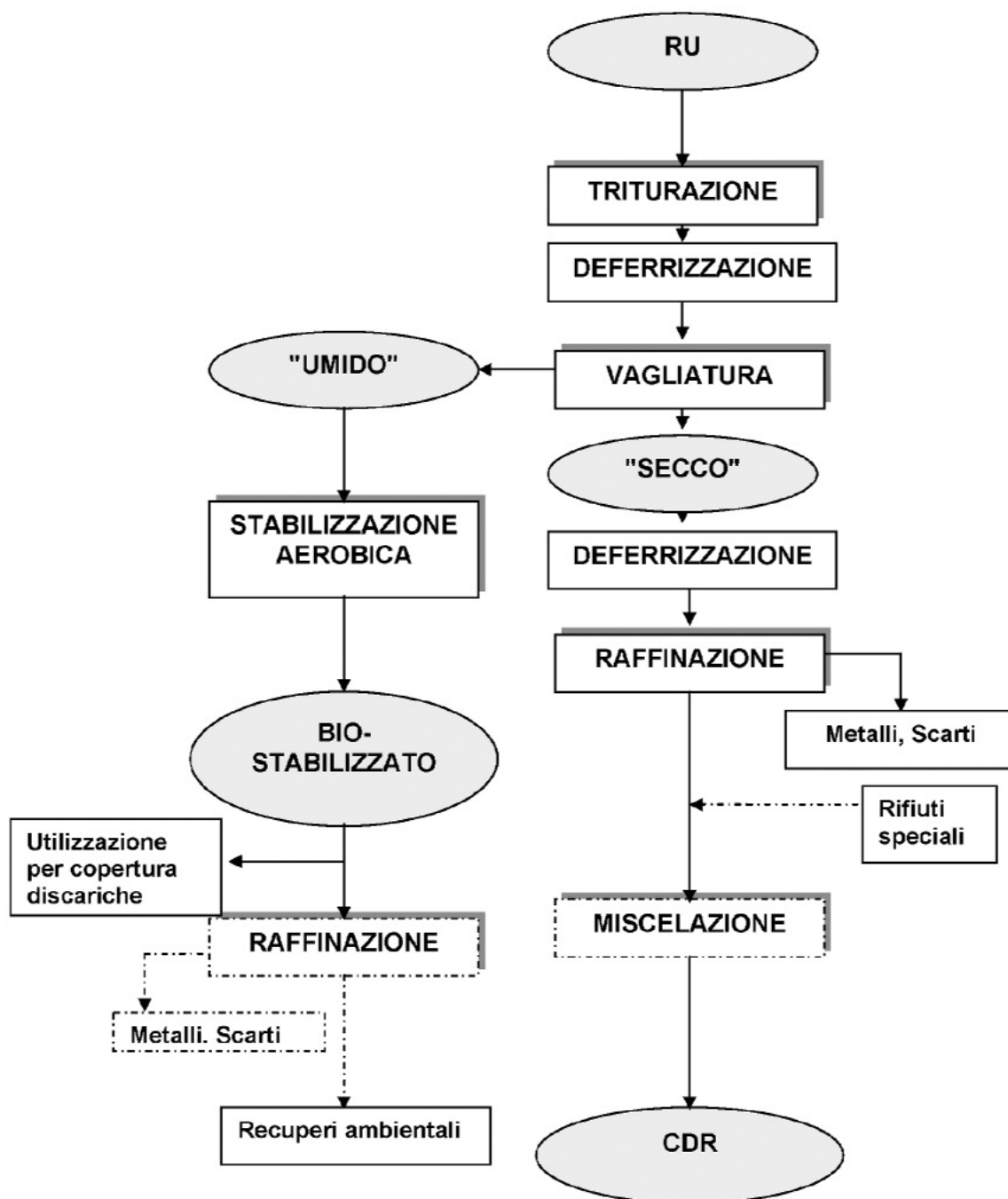
LINEA CDR

- Deferrizzatore elettromagnetico secondario di elevata potenza (10 kW),
- Raffinatore per CDR di elevata potenzialità, del tipo bialbero con barra mobile per presevare l'attrezzatura in caso di urti causati da materiali intriturabili che accidentalmente possono finire nel flusso da trattare; questa attrezzatura consente la produzione di CDR fluff da destinare alla valorizzazione energetica.
- Pressa imballatrice del tipo a camera di compattazione fissa con doppia compattazione e con legatura mediante reggette di plastica. La legatura è del tipo completamente automatico in tunnel telescopico ed è realizzata con reggette di poliestere o propilene.

LINEA UMIDO

La frazione umida viene stabilizzata fino ad ottenere un IRD < 700 mgO_2*kg SV^{-1} h^{-1}.

Descrizione del processo di produzione del CDR
In uscita all'impianto di produzione CDR si ottiene, un materiale piuttosto secco, ricco di sostanza polimerica (plastica e gomme) e lignocellulosica (carta e cartoni, legno).
I prodotti secondari del trattamento risultano essere i flussi di metalli ferrosi e non, di inerti (vetro, ceramica, pietre, ecc.), nonché di organico stabilizzato.

L'impianto riceve in alimentazione diverse tipologie di rifiuti: la più rilevante è costituita dai RU indifferenziati, e da rifiuti assimilabili agli urbani; cui seguono, eventualmente, i rifiuti ingombranti combustibili (mobili, suppellettili, ecc.).
Lo schema di processo è riportato nella figura seguente: il rifiuto in ingresso, previa riduzione della pezzatura, viene suddiviso in due frazioni, "secco" e "umido", tramite vagliatura.

Schema di processo di produzione di CDR

Ricezione dei rifiuti in ingresso e accumulo

Il rifiuto in ingresso all'impianto, dopo le operazioni di registrazione e pesatura, viene scaricato in una zona di ricezione (fossa) di volumetria sufficiente all'accumulo del materiale trattato in 2-3 giorni di produzione e, comunque, tale da evitare l'insorgere di problemi di carattere igienico-sanitario.

In fase di accettazione, il materiale conferito subisce un controllo visivo necessario per l'individuazione e la rimozione di materiali ritenuti incompatibili con le successive fasi di lavorazione (ingombranti, pericolosi, ecc.).
I rifiuti scaricati vengono caricati mediante carroponte con benna a polipo in fossa e da qui trasportati sulla tramoggia che alimenta il trituratore primario.

Triturazione primaria
Il rifiuto subisce una prima triturazione, al fine di facilitare la successiva selezione per la separazione della frazione secca da quella umida. Il trituratore primario è costituito da uno o più rotori a rotazione lenta (da 15 a 60 giri/min) e da una serie di contro-lame fisse, denominate anche contropettine. L'azione esercitata sul materiale è in parte di taglio e in parte di fratturazione. Il prodotto risulta quindi un poco sfibrato, ma di pezzatura abbastanza omogenea, inferiore a 300*200 mm.

Attualmente sono utilizzati prevalentemente trituratori bialbero con azionamento oleodinamico, preferibili ai trituratori monoalbero perché dispongono di maggiori superfici di taglio ed a parità di potenzialità, consentono di ottenere un prodotto con pezzatura inferiore e più omogenea.

Selezione e deferrizzazione primaria
In uscita dal mulino i rifiuti vengono ripresi da un nastro trasportatore e subiscono una prima deferrizzazione mediante un separatore magnetico installato sopra al nastro e in grado di asportare i metalli, che vengono raccolti in una tramoggia posta al di sotto, mentre il flusso principale dei rifiuti confluisce in una tramoggia di alimentazione del vaglio che può essere del tipo a cilindro rotante o a dischi (in questo caso rotante).
Dalla tramoggia i rifiuti confluiscono ad una sezione di vagliatura primaria che provvede alla separazione del materiale in due (eventualmente tre flussi).
L'attrezzatura attualmente usata è un vaglio rotante che ha un'unica sezione di vagliatura realizzata con una maglia di foratura, del diametro di 60 mm.
Il vaglio rotante è un' attrezzatura costituita da un cilindro metallico di grosse dimensioni leggermente inclinato, ruotante ad una velocità, compresa tra 10 e 60 giri/minuto.
La sezione vagliante è costituita dall'intera superficie laterale, le forature sono realizzate delle dimensioni adeguate al trattamento da effettuare, la rotazione del cilindro avviene mediante ruote gommate azionate da motoriduttori.

Deferrizzazione secondaria
Prima della raffinazione, il materiale combustibile in uscita dal vaglio subisce una seconda asportazione dei metalli ferrosi mediante deferrizzatore elettromagnetico di notevole potenza, la potenza elevata (superiore a 10 kW) consente di asportare materiali ferrosi di grosse dimensioni che potrebbero altrimenti danneggiare il trituratore secondario.

Triturazione secondaria

Il materiale in uscita dal vaglio necessita di ulteriori trattamenti come la riduzione della pezzatura per ottenere un prodotto omogeneo con caratteristiche costanti.

La triturazione secondaria (o raffinazione) del sovvallo combustibile viene effettuata con attrezzature di triturazione di tipo bialbero che hanno due rotori cilindrici sulla cui superficie sono installate una serie di placchette taglienti triangolari; queste in fase di rotazione sfiorano una controlama che ne ripete la sagoma, tagliando in modo netto il materiale che si interpone fra inserto e controlama.

Per avere maggiore affidabilità queste attrezzature sono dotate di barra mobile fissata su ammortizzatori; questa soluzione consente di salvaguardare la tavola di taglio in caso di urti accidentali causati da materiali intriturabili che possono trovarsi nel flusso del sopravaglio.

Il prodotto che si ottiene è della dimensione voluta (< 100*100 mm) già utilizzabile come CDR.

Confezionamento in balle del CDR

Per agevolare le operazioni di stoccaggio e di trasporto il CDR viene confezionato in balle legate con reggetta di plastica, l'attrezzatura che esegue queste operazioni è del tipo a camera chiusa con doppia compattazione e con legatura in tunnel telescopico.

La legatura in tunnel telescopico esterno alla camera di compattazione consente di avere una massima affidabilità gestionale in quanto il materiale compattato non viene attraversato da aghi portafilo come per le legature con filo di ferro.

Le balle confezionate con CDR e legate con reggette in materiale plastico possono essere utilizzate dall'impianto termico senza dover togliere le legature.

Trattamento dell'aria

Tutti i locali dove avviene il trattamento sono al chiuso e in depressione. L'aria estratta viene trattata con biofiltri preceduti da scrubber a umido. L'aria trattata nei biofiltri viene immessa in atmosfera all'altezza di 25 m secondo le prescrizioni contenute nell'autorizzazione.

Potenzialità dell'impianto e costo di gestione

L'impianto così configurato tratta attualmente 350 t/giorno di rifiuti indifferenziati e produce circa 120 t/g di CDR rispondente alle specifiche del CDR di qualità normale di cui alla norma UNI 9903-1:2004. Il CDR viene inviato a un impianto termico con recupero di energia a distanza di circa 300 km.

Il costo dello smaltimento complessivo del rifiuto in ingresso, compresa la stabilizzazione e l'utilizzazione dell'organico, la pressatura il trasporto a distanza e il trattamento termico del CDR è inferiore al costo di messa a discarica, tenuto conto dell'ecotassa.

Eventuale ulteriore raffinazione del prodotto

Questo trattamento aggiuntivo consiste nell'eliminazione dei materiali indesiderati, per migliorare le caratteristiche chimico-fisiche come richiesto da utilizzatori diversi da quello attuale.

La separazione viene ottenuta con un separatore aeraulico. Il sistema di classificazione aeraulico è preceduto da una tavola vibrante per la distribuzione del materiale in strato sottile; il sistema di aspirazione collegato ad un ventilatore è collocato nella zona di scarico della tavola vibrante e per aspirazione separa le frazioni più leggere (carta, plastica, ecc.), mentre quelle più pesanti, come inerti, metalli, plastiche rigide etc. cadono in una tramoggia sul fondo del separatore aeraulico.

Il flusso di aria che trasporta i materiali leggeri viene convogliato ad un ciclone dove la velocità dell'aria immessa si attenua consentendo alle materie solide trasportate dal flusso di precipitare sul fondo del ciclone, da cui una valvola stellare consente lo scarico del materiale combustibile sul nastro sottostante.

Eventuale Pellettizzazione del prodotto

In relazione alle specifiche di accettazione dell'impianto utilizzatore del CDR, il combustibile derivato da rifiuti può essere confezionato in pellet, quando sia richiesto.
La pellettizzazione viene effettuata con macchine del tipo piano o verticale, in entrambi i casi la pellettizzatrice dispone di una filiera forata del diametro opportuno, il materiale combustibile raffinato viene compresso mediante appositi rulli contro la filiera e grazie all'azione di compressione esercitata, il materiale fuoriesce dalla parte opposta della filiera formando dei cilindretti.
Le pellettizzatrici hanno una potenzialità limitata, richiedono una potenza molto elevata ed hanno grosse usure causate dall'azione abrasiva del materiale.

B) Bioessiccazione in biotunnel

Fasi del processo

Il processo realizzato si svolge secondo le seguenti fasi:

Triturazione RU

L'operazione di triturazione avviene durante le ore diurne con un operatore presente nella sala comandi/controlli che ispeziona visivamente ogni carico ed eventualmente interviene azionando manualmente la gru a ponte per eliminare i rifiuti incompatibili con il processo (per esempio bombole, putrelle, blocchi di cemento, ecc.).

Il trituratore è una macchina di taglio elettroidraulica, bialbero, a rotazione lenta, collocato su un ponte mobile che, spostandosi, permette l'ottimale riempimento della vasca di accumulo.

L'operazione di triturazione fino a una pezzatura di circa 20-30 cm ha lo scopo di omogeneizzare il materiale per meglio attivare la fermentazione, facilitando il contatto tra la parte organica del rifiuto e l'ossigeno dell'aria fatta passare forzatamente nel cumulo.

Bioessiccazione dei rifiuti. Il processo è attivo 24 ore su 24. Il materiale triturato ed omogeneizzato viene posto dalla gru a ponte, secondo il programma computerizzato impostato, nell'area di stabilizzazione e bioessiccazione, con formazione di cumuli di altezza fino a 6 m. Poiché tale operazione non richiede particolari controlli, essa avviene in automatico durante le ore notturne, in assenza di personale e unicamente con una segnalazione di allarme per eventuali anomalie di funzionamento rilanciata presso una postazione remota di controllo.

La pavimentazione dell'area è forata e consente che l'aria di processo aspirata tramite un sistema di ventilatori, una volta attraversati i rifiuti, vada al sistema di depurazione (biofiltro) sulla copertura dell'edificio. Variando in modo opportuno la portata di aria (operazione effettuata automaticamente tramite un sistema computerizzato di controllo), è possibile sfruttare al meglio l'esotermia del processo per bioessiccare nel minor tempo possibile il rifiuto.

Raffinazione meccanica

La raffinazione come di seguito descritta permette rese superiori al 50% in rapporto al peso del rifiuto in ingresso alla Bioessiccazione.

- *vagliatura bistadio:* viene utilizzata per allontanare il materiale fine ricco di inquinanti (metalli pesanti) e prevalentemente non combustibile e per inviare ad una selezione di separazione aeraulica la frazione intermedia (frazione con dimensioni indicative comprese tra 2 e 12 cm). Le dimensioni dei fori dei due stadi del vaglio possono essere decise in funzione delle caratteristiche merceologiche dei rifiuti in ingresso;

- *deferrizzazione del sovvallo e del sottovaglio intermedio*: permette la separazione di tutti i materiali ferrosi che possono essere inviati a recupero;
- *classificazione aeraulica del sottovaglio intermedio*: permette il recupero delle frazioni leggere (prevalentemente plastica leggera e carta) dalla frazione intermedia; la frazione recuperata viene immessa nel flusso principale destinato alla produzione di combustibile;
- *triturazione secondaria*: il materiale viene ulteriormente triturato per rendere il prodotto idoneo al tipo di combustione prevista. In generale dimensioni medie di triturazione attorno ai 10 – 15 cm sono idonee per la combustione in termoutilizzatori del tipo a letto fluido, dimensioni medie di triturazione attorno ai 3 – 5 cm sono idonee per la combustione in cementeria.
- *Demetallizzazione sul materiale dopo triturazione secondaria*: permette la separazione dei metalli non ferrosi;

Trattamento emissioni

Aria

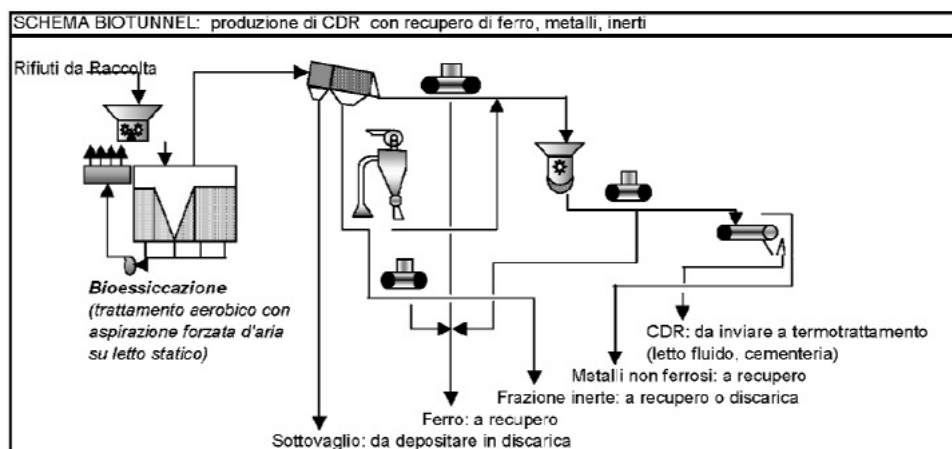
Le zone dell'impianto destinate allo scarico, stoccaggio e trattamento di RU sono dotate di sistema di aspirazione. L'aspirazione è necessaria per garantire lo svolgimento del processo in Biotunnel nella zona di bioessiccazione e per evitare il diffondersi di odori molesti verso l'esterno.

Nella zona di bioessiccazione si utilizza una pavimentazione ad elementi forati di cemento. Al di sotto del piano della pavimentazione forata si ha un "plenum" da cui parte una serie di tubazioni aventi la funzione di convogliare l'aria, che ha attraversato dall'alto verso il basso i cumuli dei rifiuti, al sistema di biofiltrazione posto sulla copertura dell'edificio.

Il sistema di ventilazione è equipaggiato con centraline di rilevamento della temperatura che retroaziona gli inverter dei ventilatori per il controllo e la regolazione della velocità e quindi, della portata d'aria nei vari punti dell'impianto.
La raffinazione è collegata a un sistema di filtrazione a maniche che abbatte la polverosità.

Percolati

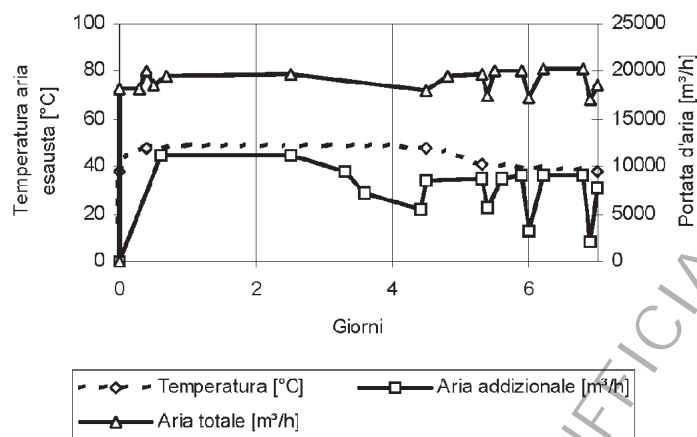
Le limitate quantità di percolato prodotte, pari a circa il 2% in peso degli RU entranti, mediante il loro ricircolo sugli stessi possono essere impiegate per prolungare il trattamento di stabilizzazione se ritenuto necessario, o per le zone di maturazione della FOS. In caso contrario i percolati prodotti vengono inviati a impianti di depurazione.

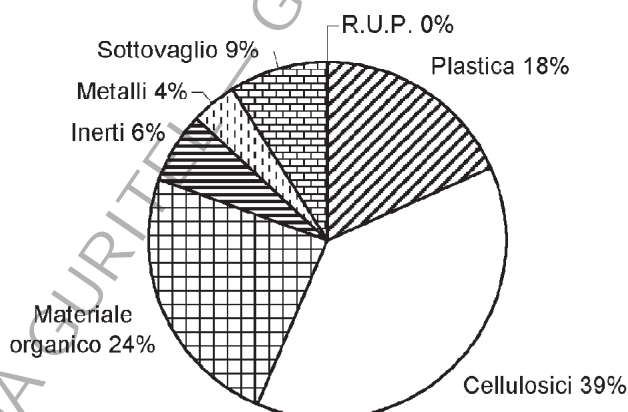
Tale porcesso è applicato negli impianti di Corteolona, Bergamo, Montanaso e Lacchiarella.

C) Bioessiccazione in biocelle

La tecnologia, sviluppata in Germania, consente di risolvere, per buona parte, i problemi di omogeneità, di costanza del potere calorifico inferiore, e di emissioni.
La sostanziale differenza rispetto al combustibile da rifiuti tradizionale è data dalla presenza di un processo di "stabilizzazione a secco", che ha lo scopo di ridurre in maniera consistente la presenza di umidità all'interno del rifiuto; inoltre, l'impianto è dotato di numerosi sistemi di selezione del rifiuto, che consentono di eliminare buona parte delle frazioni inerti e metalliche, che incidono negativamente sui processi di combustione.

Schema a blocchi dell'impianto di produzione del combustibile

Produzione di combustibile da rifiuti
L'impianto, in grado trattare fino a 167.000 t/anno di rifiuto, riceve il rifiuto indifferenziato dei cassonetti, che giunge all'impianto tramite i consueti sistemi di raccolta e viene depositato nella fossa di stoccaggio. In seguito, tramite l'ausilio di una benna collegata ad un carroponte, il rifiuto viene inviato ai tre trituratori primari dalla portata massima di 40t/h ciascuno, che riducono la pezzatura dei rifiuti più ingombranti ad un massimo di 250 mm, per consentirne un più agevole stoccaggio nelle biocelle. Dopo la prima triturazione il materiale viene depositato in un bunker di accumulo da cui viene successivamente prelevato tramite una benna, completamente automatizzata, che provvede al carico ed allo scarico delle biocelle. A questo punto inizia il processo di stabilizzazione a secco.

Biostabilizzazione
L'impianto è dotato di dodici biocelle, che vengono ciclicamente caricate e scaricate. Il processo di biostabilizzazione ha la durata di sette giorni, ed in questa fase il rifiuto subisce una sostanziale trasformazione. Il processo di fermentazione è controllato tramite la regolazione della portata d'aria che può essere ricircolata o introdotta dall'esterno.

Temperatura e flussi d'aria durante la biostabilizzazione

Tale sistema permette di controllare la temperatura che viene sempre mantenuta nell'intervallo compreso tra i 40°C e i 50°C. Occorre sottolineare che l'innalzamento di temperatura è autoprodotto dalla massa di rifiuto in fermentazione senza alcuna iniezione di calore esterno; il processo di biostabilizzazione non comporta l'utilizzo di combustibili fossili, che non incidono, quindi, sul bilancio energetico finale.

Composizione merceologica del materiale in ingresso

Il rifiuto, che, in ingresso alle biocelle, ha le caratteristiche di composizione merceologica e chimico-fisiche esce con un potere calorifico incrementato, e pari a 12.000-12.500kJ/kg, con una riduzione in massa fino al 30%,e con una percentuale residua di umidità intorno al 10-15%.

Caratteristiche chimico fisiche del rifiuto in ingresso

Caratteristiche chimico-fisiche	Campione Mestre
Potere calorifico inferiore	9.639kJ/kg
Umidità 105 °C	47,6%
Ceneri a 1000 °C	22,6%

La forte riduzione di umidità giustifica l'innalzamento del potere calorifico, e rende il materiale agevole da trattare riducendo drasticamente la presenza e la possibilità di sviluppo di microrganismi

nocivi. Infine, tramite la medesima benna, il rifiuto stabilizzato viene avviato al processo di selezione meccanica.

Selezione meccanica e separazione degli inerti
Il rifiuto può, a questo punto, essere agevolmente lavorato, anche grazie ad una drastica riduzione degli odori, sempre in seguito al processo di stabilizzazione a secco.
Il materiale entra nell'elaborato sistema di selezione meccanica, che permette di ottenere una separazione spinta tra il combustibile vero e proprio, e tutti quei materiali che influiscono negativamente sul potere calorifico inferiore, come i metalli (ferrosi e non ferrosi) e gli inerti.
La selezione inizia con la separazione in 4 flussi del materiale in ingresso, a seconda della pezzatura, tramite due vagli disposti in cascata. I flussi che riguardano gli elementi con pezzatura da 0-10mm e da 10-35mm sono, in pratica assimilabili, in quanto, in questo caso, la pezzatura coincide già con quella del combustibile finale. I flussi da 0-35 mm vengono sottoposti ad operazioni di separazione tramite vagli aeraulici (1-2), in sostanza vibrovagli in cui il materiale è fluidizzato tramite una corrente d'aria trasversale e diviso in due frazioni una leggera e l'altra pesante, e vagli eolici (1), in cui il leggero viene separato dal pesante tramite una corrente d'aria proveniente dal basso. Dalla frazione leggera così formatasi vengono estratti i metalli ed il restante materiale diventa direttamente CDR; la frazione pesante, dopo essere stata sottoposta ad un'ulteriore operazione di vagliatura (vagli aeraulici 3-4-5 ed eolici 4-5), diventa anch'essa combustibile. Il materiale che rimane viene ulteriormente separato in metalli ferrosi, metalli non ferrosi ed inerti.
La frazione con pezzatura superiore ai 35mm, in realtà composta da due flussi (35-85mm e >85mm), subisce un'operazione di vagliatura (vagli eolici 2-3) da cui derivano quattro flussi. I flussi leggeri sono inviati ai trituratori secondari, che ne riducono la pezzatura rendendola inferiore ai 35mm, e uniti al leggero proveniente dalla prima vagliatura, per poi essere sottoposti ad un'operazione di estrazione dei metalli , e divenire, infine, combustibile. La frazione grossolana pesante è, invece, convogliata ad una macina a martelli, che frantuma il più possibile il materiale per renderlo comunque utilizzabile. I pezzi impossibili da macinare vengono automaticamente estratti dal ciclo.
Alla mulino a martelli perviene anche il materiale ferroso, generalmente ancora grossolano, proveniente dalla prima operazione di separazione dei metalli. Il flusso dopo la macinazione è vagliato (vaglio eolico 6), separato dal materiale metallico ferroso, e re-immesso all'inizio del ciclo di selezione. Il materiale, durante le operazioni di selezione, viene trasportato da una macchina alla successiva tramite dei nastri chiusi a catena con raschi. Tutta l'aria di processo, compresa quella estratta dagli stabili (in leggera depressione), ad esclusione di quella proveniente dal sistema di biostabilizzazione, è inviata a dei filtri a maniche che ne estraggono le polveri. Queste ultime sono direttamente unite al combustibile in uscita.
Le emissioni gassose sono costituite da una miscela di gas e vapori (soprattutto CO_2, H_2O) che vengono successivamente trattati in un sistema di depurazione a biofiltri o tramite combustione termica rigenerativa.
Al termine del trattamento è possibile ricavare un quantitativo di combustibile all'incirca pari al 50% dei rifiuti iniziali, oltre a circa il 15% di materiale inerte e 5% di materiali ferrosi.

Trattamento dell'aria di processo
I flussi d'aria, necessari al processo di fermentazione, sono caratterizzati da una forte presenza di cattivi odori, che impediscono l'emissione diretta in atmosfera degli stessi. Al fine di eliminare tale inconveniente l'impianto è dotato di un sistema di bruciatori (LARA), ad elevato rendimento, che bruciano i componenti organici, causa dei cattivi odori, contenuti nell'aria di processo. Il flusso d'aria viene portato a oltre 850°C, e tramite il processo di ossidazione, durante la combustione, il carbonio organico viene trasformato in CO_2 e H_2O. Il quantitativo d'aria da trattare risulta molto elevato, pertanto il LARA è costruito in modo da consentire un elevato recupero termico (~ 98 %) tra una combustione e la successiva.

L'aria calda depurata viene trasferita nella sezioni adiacenti per cedere il proprio calore

Il ciclo viene ripetuto iniziando dalla sezione successiva

Il recupero avviene grazie alla conformazione del sistema di combustione, costruito in speciali materiali ceramici ad elevata capacità termica che formano una matrice a nido d'ape, creando un'elevata superficie di scambio.
Il ciclo segue il seguente percorso: l'aria combusta viene trasferita nelle sezioni adiacenti cedendo, in maniera pressoché completa il calore acquisito, dopodiché, invertendo il flusso viene introdotta aria fresca da depurare che recupera calore fin quasi a raggiungere la temperatura di processo ottenuta tramite l'ausilio di un bruciatore a metano che utilizza circa 50 Nm^3/h di metano (1 atm, 0°C). Infine il ciclo ricomincia partendo dalla sezione successiva.

D) Produzione di CDR arricchito con materiale ad alto potere calorifico

L'impianto produce CDR di qualità, utilizzando la frazione residuale dei rifiuti urbani prodotti nei 54 Comuni aderenti ad un consorzio, oltre che rifiuti assimilati in forma di granulati.

L'impianto di produce a regime circa 25.000 tonnellate/anno di CDR-P, equivalenti in termini di energia a circa 12.000 tonnellate/anno di petrolio equivalente.
Il cementificio recupera circa il 10% di energia termica di processo mediante l'impiego del CDR-P nei bruciatori principali di due forni.

Prodotto e tecnologia
Il CDR è costituito da una miscela della frazione secca da rifiuti urbani (RU) con componenti ad elevato potere calorifico, tra cui pneumatici fuori uso (PFU) e plastiche non clorurate. Il potere calorifico del prodotto ottenuto si aggira intorno alle 5.500/6.000 kcal/kg ed è quindi da considerare un vero e proprio combustibile, di buona qualità, ambientalmente sostenibile e che si allinea alle prestazioni del carbone.
La sua utilizzazione è principalmente in co-combustione a parziale sostituzione dei combustibili fossili tradizionali, in impianti di potenza e di produzione energetica esistenti (centrali termoelettriche e cementifici).

Il ciclo di produzione del CDR

Il ciclo produttivo è finalizzato alla preparazione di una miscela composta da tre materiali, in modo che la stessa sia omogenea ed abbia un potere calorifico costante:

- frazione secca proveniente da separazione e riduzione dimensionale di RU;
- materiale ricavato dalla triturazione di pneumatici fuori uso (PFU);
- materiale ricavato dalla triturazione di plastiche ed imballaggi non contenenti cloro.

Essenzialmente si possono distinguere presso l'impianto:

- la linea di preparazione della frazione secca che consiste principalmente in triturazione finale (per arrivare ad una pezzatura di circa 20 mm) ed essiccamento (per arrivare a un contenuto medio di umidità pari a circa il 10%).
- la linea di alimentazione, stoccaggio e dosaggio dei PFU;
- la linea di alimentazione, stoccaggio e dosaggio delle plastiche;
- la linea di miscelazione e carico degli automezzi;
- la linea di trattamento aria.

Il processo di produzione del CDR avviene interamente all'interno di un capannone, in ambiente in costante depressione.
L'impianto è completamente automatizzato e gestito da tre operatori per turno.

Utilizzo in cementificio

L'approvvigionamento e lo stoccaggio del CDR viene effettuato per mezzo di semirimorchi della capacità di circa 80 m^3 dotati di pavimento mobile. I semirimorchi garantiscono una richiesta oraria in alimentazione ai due forni di circa 2.000 kg per sette giorni la settimana.
Il semirimorchio, una volta staccato dalla motrice, viene collegato al quadro di comando dei forni e ne diventa parte integrante.
Il CDR viene scaricato per mezzo del pavimento mobile, la cui marcia è regolata dalla richiesta di materiale al bruciatore. Una volta scaricato il CDR, viene pesato ed addotto alla testata del forno nel bruciatore principale per mezzo di un sistema di trasporto pneumatico.
L'impianto è in marcia da gennaio 2003 e al momento le rilevazioni al camino di NO_X hanno registrato una diminuzione media di circa il 20%.

D.7.3 Impianti di trattamento delle apparecchiature elettriche ed elettroniche

Nella tabella che segue si illustrano le principali operazioni di trattamento di una serie di apparecchiature elettriche ed elettroniche.

Tabella 7

INDIVIDUAZIONE DELLE OPERAZIONI ELEMENTARI PER IL TRATTAMENTO					
Componente Tipo di operazione	**FRIGORIFERI SURGELATORI CONGELATORI**	**TELEVISORI MONITORS**	**COMPUTERS (CPU Tastiere)**	**LAVATRICI LAVASTOVIGLIE**	**CONDIZIONATORI**
RACCOLTA CONFERIMENTO E MESSA IN RISERVA	➢ carico su automezzi ➢ trasporto ➢ Scarico mezzi ➢ Stoccaggio ➢ Prelievo per trattamento	➢ Carico su automezzi ➢ Trasporto ➢ Scarico mezzi ➢ Stoccaggio ➢ Prelievo per trattamento	➢ Carico su automezzi ➢ Trasporto ➢ Scarico mezzi ➢ Stoccaggio ➢ Prelievo per trattamento	➢ Carico su automezzi ➢ Trasporto ➢ Scarico mezzi ➢ Stoccaggio ➢ Prelievo per trattamento	➢ Carico su automezzi ➢ Trasporto ➢ Scarico mezzi ➢ Stoccaggio ➢ Prelievo per trattamento
PRE -TRATTAMENTO E MESSA IN SICUREZZA	➢ Separazione parti mobili ➢ Recupero CFC refrigeranti ➢ Recupero olio compressori ➢ Degasaggio olio compressori ➢ Stoccag. CFC ed oli ➢ Separazione interruttori a mercurio ➢ Separazione guarnizioni	➢ Rimozione carcassa ➢ Rottura vuoto tubo catodico ➢ Separazione tubo catodico colletto induttivo	➢ Rimozione carcassa ➢ Rimozione condensatori con PCB (eventuali), relè a mercurio	➢ Rimozione carcassa ➢ Rimozione condensatori con PCB (eventuali)	➢ Separazione parti mobili e filtri ➢ Recupero CFC refrigeranti ➢ Recupero olio compressori ➢ Degasaggio olio compressori ➢ Stoccag. CFC ed oli ➢ Rimozione condensatori con PCB (eventuali).
SMONTAGGIO DI PARTI E PRELIEVO DEI COMPONENTI AI FINI DEL REIMPIEGO	➢ Separazione cavi, parti PVC, ➢ Separazione parti elettriche, ➢ Separazione compressori, ➢ Separazione serpentine di scambio termico ➢ Cernita e collaudo dei componenti recuperabili: ⇒compressore, ⇒elettroventilatori, ⇒serpentine di condens. ed evaporazione ➢ Separazioni guarnizioni	➢ Separazione piastre, ➢ Separazione cavetteria, ➢ Separazione telaio, ➢ Cernita e collaudo dei componenti recuperabili	➢ Separazione piastre, ➢ Separazione cavetteria, ➢ Separazione telaio; ➢ Cernita e collaudo dei componenti da piastre (circuiti integrati ecc.)	➢ Separazione cavi, parti PVC, ➢ Separazione parti elettriche, ➢ Separazione pompe e motori, ➢ Separazione cestello, ➢ Separazione contrappeso in cemento ➢ Cernita e collaudo dei componenti recuperabili:(motore, contrappeso,pompa, timer, componenti da piastre)	➢ Separazione cavi, parti PVC, ecc ➢ Separazione parti elettriche Separazione compressori e ventilatori ➢ Separazione serpentine di scambio termico, ➢ Cernita e collaudo dei componenti recuperabili: ⇒compressore, ⇒elettroventilatori ⇒serpentine di condens ed evaporazione.
FRANTUMAZIONE E	➢ Frantumazione carcassa	➢ Frantumazione	➢ Macinazione schede;	➢ Frantumazione carcassa;	➢ Frantumazione carcassa e

SELEZIONE PER RECUPERO MATERIALI ED ENERGIA	➢ Separazione metalli ferrosi ➢ Separazione metalli non ferrosi ➢ Separazione sostanze plastiche ➢ Separazione poliuretano ➢ Recupero CFC espandenti ➢ Separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile ➢ Separazione materiali non recuperabili ➢ Recupero di energia in loco o presso altri impianti	piastre; ➢ Separazione metalli ferrosi e non ferrosi; ➢ Separazione plastiche; ➢ Separazione legno; ➢ Trattamento tubo catodico ➢ per bonifica vetri e recupero polveri tossiche; ➢ Separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile; ➢ Separazione materiali non recuperabili; ➢ Recupero energia in loco o presso altri impianti.	➢ Separazione metalli ferrosi da ceneri; ➢ Separazioni metalli non ferrosi da ceneri; ➢ Separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile; ➢ Separazione materiali non recuperabili; ➢ Separazione soluzioni acide; ➢ Recupero energia in loco o presso altri impianti.	➢ Separazione metalli ferrosi e non ferrosi; ➢ Separazione plastiche; ➢ Separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile; ➢ Separazione materiali non recuperabili; ➢ Recupero energia in loco o presso altri impianti.	filtri; ➢ Separazione metalli ferrosi e non ferrosi; ➢ Separazione plastiche; ➢ Separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile; ➢ Separazione materiali non recuperabili; ➢ Recupero energia in loco o presso altri impianti.
SMALTIMENTO	➢ CFC; ➢ Interruttori a mercurio; ➢ Altre frazioni non recuperabili. ➢ Condensatori con PCB eventuali;	➢ Accumulatori non recuperabili; ➢ Polveri tossiche (da tubo catodico); ➢ Altre frazioni non recuperabili. ➢ Condensatori con PCB eventuali;	➢ Accumulatori non recuperabili; ➢ Interruttori a mercurio; ➢ Soluzioni di trattamento; ➢ Altre frazioni non recuperabili.	➢ Condensatori con PCB eventuali; ➢ Altre frazioni non recuperabili.	➢ CFC; ➢ Condensatori con PCB eventuali; ➢ Altre frazioni non recuperabili.

E) CONCETTI GENERALI SULLA SCELTA DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE DI SETTORE

Come già evidenziato, gli impianti oggetto del presente Rapporto sono inseriti, solo in parte, nella bozza di documento Europeo sulle migliori tecniche disponibili nel Bref "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", in particolare il documento europeo non contiene alcuna indicazione riguardo agli impianti di trattamento e recupero di apparecchiature elettriche ed elettroniche.
Il documento BRef contiene la trattazione relativa agli impianti di trattamento meccanico biologico finalizzati alla produzione di combustibile da rifiuti ma non tratta gli impianti di stoccaggio, selezione, miscelazione, adeguamento volumetrico dei rifiuti destinati a successive operazioni di recupero. Di seguito, pur utilizzando l'indice previsto per le analisi del documento europeo, vengono fornite indicazioni applicabili al settore nazionale. Laddove presenti nel BRef, vengono riportate le indicazioni europee.

E.1 Criteri generali di scelta delle tecnologie

I vantaggi del riciclo dei materiali vanno valutati attraverso un'analisi costi benefici ambientale che tiene conto degli impatti totali evitati e di quelli aggiuntivi dovuti all'operazione di riciclo.
L'impatto ambientale generato a causa delle emissioni prodotte nella fase di raccolta e di trasporto e nella fase di esecuzione delle operazioni di trattamento per il riciclo dei materiali, deve essere minore di quello che si avrebbe se si fabbricassero i prodotti a partire da materie prime vergini.
Per il segmento della catena di riciclo costituito dagli impianti di selezione di materiali, questi criteri orientano la scelta delle BAT nel senso di ricercare:

- il massimo rendimento degli impianti riferito all'uso dell'energia e alla quantità di materiali recuperati ai fini del riciclo
- le minime emissioni con particolare riguardo alla produzione di rifiuti.

La scelta delle tecnologie impiegate negli impianti di selezione deve essere finalizzata ad una destinazione definita e certa di recupero o smaltimento per i flussi di materiali e per gli scarti in uscita.
I processi realizzati dagli impianti devono garantire i livelli di qualità del materiale, come richiesto dalle filiere di recupero a valle del trattamento, con il minimo impatto ambientale complessivo. Le prestazioni delle singole macchine componenti l'impianto, devono essere definite in relazione alla qualità del materiale in ingresso e alla capacità di trattamento delle singole apparecchiature. Ogni macchina deve essere impiegata per una specifica funzione dichiaratamente espressa nelle specifiche di fornitura: la semplificazione degli schemi di processo determina sempre un aumento di affidabilità complessiva e una maggiore costanza della produzione e quindi della qualità del prodotto.
Gli indici sotto definiti sintetizzano la capacità degli impianti a realizzare i criteri sopra enunciati.
Riguardo al trattamento delle apparecchiature elettriche ed elettroniche per la scelta delle tecniche e tecnologie di trattamento, valgono le stesse considerazioni anche se va, in primo luogo, garantita la messa in sicurezza delle apparecchiature che, a causa del loro contenuto di sostanze pericolose, possono causare se non ben gestite un notevole impatto sull'ambiente e la salute umana.
A valle della messa in sicurezza le operazioni di trattamento vanno condotte con l'obiettivo di massimizzare il reimpiego, riciclo e recupero energetico delle apparecchiature stesse anche al fine di garantire i target comunitari fissati dalle direttive in materia.

E.1.1. Bilancio di materia

La valutazione del bilancio di materia, inteso come definizione delle quantità dei vari flussi di materiali in ingresso ed uscita dall'impianto, è indispensabile per:

- dimensionare correttamente le varie sezioni di impianto;
- individuare una corretta logistica dei rifiuti in ingresso e dei materiali in uscita;
- valutare correttamente i rendimenti del processo e la produzione di scarti non recuperabili
- predisporre un bilancio economico complessivo.

E.1.2 Rendimento di separazione

Il rendimento di separazione delle varie frazioni è un indice dell'efficienza dell'impianto nella separazione di una particolare frazione di materiale.

$E_s = F_s/F_c\%$

Esso va inteso come rapporto percentuale tra la quantità di frazione selezionata avviata al recupero (F_s) e quella effettivamente contenuta nel rifiuto da separare (F_c) e rilevata tramite analisi merceologica. Il rendimento di separazione può variare anche di molto in dipendenza della selezione eseguita. Valori tipici di riferimento sono:

Tabella 8

rendimento di separazione	**Cernita manuale**	**Selezione meccanica**
separazione umido da indifferenziato		90%
separazione materiali ferrosi da indifferenziato =		95%
separazione materiali non ferrosi da indifferenziato =		90%
separazione vetro da multimateriale e a 4 componenti =		99%
separazione plastica da multimateriale a 4 componenti=		97%
separazione del PET dal totale della plastica raccolta	< 90%	95%

E.1.3 Rendimento di recupero

Il rendimento di recupero (E_{rec}), inteso come rapporto tra la quantità complessiva di materiali selezionati avviati ad impianti di recupero (Q_{rec}) e la quantità totale di rifiuti in ingresso (Q_{tot}), è un indice delle prestazioni dell'impianto in termini di recupero globale di materia.

$$E_{rec}= Q_{rec}/Q_{tot}$$

E.2 Aspetti tecnici e tecnologici del settore

Gli aspetti tecnici e tecnologici del settore sono già stati trattati nel paragrafo D.

E.3 Aspetti ambientali

E.3.1 Impatto sull'ambiente

In linea di principio l'attività di recupero di materia e di energia dai rifiuti permette di diminuire l'estrazione di materie prime minerali, il consumo di prodotti realizzati a partire da materie vergini e di combustibili convenzionali. La prevenzione della produzione dei rifiuti ed il loro riciclo sono da

considerarsi prioritari secondo quanto disposto dalla Strategia Europea sulla gestione dei rifiuti e da tutti gli atti regolamentari e di indirizzo dell'Unione Europea.
Tali principi sono ripresi e meglio sviluppati nella Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005: "Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"- Com(2005)666 definitivo. che ha lo scopo di individuare gli strumenti necessari ad imprimere un ulteriore sviluppo della prevenzione e del riciclo.
Secondo la Commissione Europea il bilancio ambientale complessivo delle attività finalizzate al riciclo dei rifiuti risulta positivo, anche se va verificato ulteriormente con metodologie del tipo L.C.A.. E', comunque, necessario adottare tecnologie e tecniche in grado di assicurare un'elevata efficienza in termini di recupero effettivo dei rifiuti trattati.

Al fine di analizzare gli impatti generati dalle operazioni di recupero e riciclaggio di materiali dai rifiuti è opportuno prendere in esame:

- i consumi energetici connessi alla raccolta e agli impianti che eseguono i pre-trattamenti necessari per potere immettere le materie recuperate nelle filiere di riciclaggio;
- la produzione di rifiuti connessa a queste attività, che consiste piuttosto in una produzione di scarti delle materie recuperate; l'importanza di questa produzione dipende dal modo con cui viene eseguita la raccolta differenziata, dalla qualità richiesta dagli impianti di riciclaggio (connessa a requisiti impiantistici ma anche a purezza del materiale usato per prodotti che vengono immessi al consumo);
- la produzione di rifiuti pericolosi, da gestire opportunamente, nel caso di trattamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche dimesse;
- le emissioni in atmosfera, connesse al trasporto e alle lavorazioni, limitate in genere a emissioni di polveri e di odori o sostanze organoalogenate nel caso di impianti di trattamento di frigoriferi, condizionatori, congelatori non gestiti in maniera corretta;
- il consumo di acqua e gli scarichi liquidi, normalmente limitati;
- le emissioni di rumori, che possono essere importanti quando si usano macchine per riduzione volumetrica (trituratori, vagli)

Gli impatti connessi alla produzione di combustibile da rifiuti ottenuto per selezione meccanica dei RU sono riferibili, principalmente, all'energia spesa per la produzione dello stesso, alla selezione più o meno spinta a seconda del tipo di prodotto che si vuole ottenere e dell'utilizzo al quale è destinato.
Il rifiuto residuo dalla raccolta differenziata, in particolare nel caso di una raccolta spinta dell'umido, possiede già un potere calorifico elevato, per cui tutte le lavorazioni aggiuntive sono dettate da esigenze legate alla specifica pianificazione territoriale, alla tipologia di impianti prescelta, alla eventualità di avviare il materiale ad impianti dedicati o di co-incenerimento. In generale si deve cercare di realizzare cicli con il massimo recupero netto di energia, tenuto conto di tutte le condizioni d'uso.
Ulteriori impatti generati dagli impianti di produzione di combustibile da rifiuti sono ascrivibili alle emissioni aeriformi (polveri, odori), liquide (molto limitate in quantità e qualità), ai rumori e alla produzione di rifiuti solidi, dovuti agli scarti di materiali non ammessi alla produzione di CDR rispondente agli standard qualitativi.
Gli impianti di selezione e trattamento dei rifiuti ai fini di un loro successivo invio ad un circuito di recupero presentano, comunque, nella maggior parte dei casi, un bilancio energetico e ambientale, positivo se si mettono in conto i recuperi di energia, il risparmio di risorse e le emissioni evitate per il mancato smaltimento dei materiali avviati al recupero.
I fattori che influenzano questi bilanci sono molteplici e riguardano la qualità dei rifiuti che vengono trattati dagli impianti, in particolare:

- la tipologia di rifiuto

- il contenuto di impurezze (se si tratta di flussi di raccolta differenziata) ovvero la quantità di rifiuto effettivamente riciclabile
- il contenuto di sostanze pericolose
- lo stato fisico rispetto alle caratteristiche di lavorazione richieste dall'impianto.

Gli impianti di produzione di combustibile da rifiuti possono essere considerati ambientalmente positivi solo quando con questo processo viene assicurata la valorizzazione energetica dello stesso CDR in impianti dedicati o in coincenerimento o in cocombustione.

E.3.2 Consumo di energia

Le operazioni finalizzate al recupero di materiali e di energia devono essere valutate con ricorso a semplici bilanci ambientali che ne determinano in prima approssimazione la convenienza. Il bilancio energetico delle operazioni eseguite permette di effettuare un immediato confronto fra l'energia spesa nell'intero processo di recupero e quella derivante dal processo di produzione dei prodotti a partire da materie vergini.
In ogni caso il **consumo specifico di energia**, inteso come l'energia (normalizzata all'unità di peso) utilizzata per ottenere la quantità complessiva di materiali inviati ad operazioni di recupero, deve essere il minimo sia in rapporto alla qualità richiesta per il materiale da valorizzare che ad un recupero di materia sufficientemente alto.
Di seguito vengono indicati i consumi medi di energia specifici per alcuni processi di selezione e produzione CDR

Tabella 9

Consumo di energia medio specifico per le operazioni di selezione	**kWh/t**
vagliatura per selezione di cartone da carta mista	6-8-kWh/t
Selezione del multimateriale	8-12 kWh/t
selezione della plastica per polimero e per colore	12-18 kWh/t
Selezione e biostabilizzazione rifiuto indifferenziato*	20-30 kWh/t
produzione di combustibile fluff *	40-50kWh/t
produzione di combustibile addensato o pellettizzato*	65-75 kWh/t

*i dati sono riferiti alle tonnellate di rifiuto in ingresso; il sovvallo secco e il fluff sono pressati per il trasporto a distanza.

E.3.3 Emissioni e produzione di rifiuti

Gli impianti di selezione necessitano di accorgimenti tecnici e di applicazioni tecnologiche volti alla riduzione delle emissioni, rappresentate da polveri, gas e sostanze osmogene, reflui di processo, rifiuti solidi rumore.
Gli impianti di trattamento dei rifiuti differenziati possono avere emissioni differenti a secondo del rifiuto trattato come risulta dalla tabella seguente:

Tabella 10

Tipo di impianto	**emissioni**				
	polveri	**gas- odori**	**liquidi di processo**	**rifiuti solidi**	**rumore**

Impianti per la selezione del multimateriale		modesta emissione di odori allo scarico e nella fase di selezione	allo scarico dei materiali dal camion ed in fase di selezione	produzione di rifiuti costituiti da materiali estranei in proporzione variabile dal 2 al 10% del materiale trattato	in fase di carico dell'impianto con pala meccanica, dal ventilatore che aspira il materiale leggero, dalla caduta del rottame di vetro nel sito di stoccaggio
Impianti per la selezione della carta	concentrate allo scarico e diffuse durante la selezione			scarti in proporzione dal 2 al 15% della carta trattata	dai vagli, dai selettori e dai nastri
Impianti per la selezione della plastica	concentrate allo scarico		modesta emissione in fase di scarico	scarti di sostanze estranee e plastica non recuperabile dal 2 al 15%	trattamento (rompisacchi, vaglio, nastri, pressa)
Piattaforme per la selezione degli ingombranti	in fase di scarico			scarti dalla selezione in proporzione al 20-40% del materiale raccolto	fase di scarico dal camion con gru
Selezione e produzione di combustibile a partire da rifiuti indifferenziati	in fase di scarico		percolato in fase di stoccaggio	fine < 20 mm (10-20% del materiale trattato). scarti della separazione balistica (2-3%)	dai trituratori dai vagli, dai nastri, dai separatori balistici, dalle addensatrici o pellettizzatrici
Selezione e produzione di CDR a partire da rifiuti bioessiccati	in fase di scarico		percolato in fase di stoccaggio	fine < 20 mm (10-20% del materiale trattato). scarti della separazione balistica(2-3%)	dai trituratori dai vagli, dai nastri, dai separatori balistici, dalle addensatrici o pellettizzatrici
Trattamento dei R.A.E.E.		possibili esalazioni di gas nocivi in lavorazione		rifiuti pericolosi e non pericolosi.	triturazione, vagliatura

E.3.4 Analisi dei rischi

Le attività di trattamento dei rifiuti finalizzate al recupero di materiali e di produzione di combustibile non presentano rischi ambientali rilevanti intrinseci al funzionamento degli impianti, in quanto impiegano sempre lavorazioni meccaniche in assenza totale di reagenti chimici. Le

macchine e le attrezzature devono chiaramente essere conformi alle normative europee (certificazione CE etc).
Il rischio principale, indiretto, è che attraverso il recupero dei rifiuti si immettano nell'ambiente sostanze indesiderate a causa della contaminazione dei prodotti di recupero; di qui la necessità di garantire ai materiali da avviare al recupero standard di qualità fissati dalla norma UNI.
La qualità dei rifiuti in ingresso all'impianto e le caratteristiche dei materiali in uscita devono, pertanto, essere adeguatamente controllate in base a metodiche di campionamento normalizzate e concordate con i destinatari dei materiali avviati al recupero. L'utilizzazione di tecnologie sperimentate e consolidate e l'adozione di sistemi di qualità aziendale, di processo ed eventualmente di prodotto riducono questo tipo di rischio.
Le emissioni degli impianti di recupero devono essere adeguatamente controllate e i dispositivi di abbattimento ben dimensionati ed efficienti; in ogni caso i rischi di inquinamento sono limitati e possono riguardare emissione di sostanze osmogene, superamento dei limiti per i reflui depurati, emissione di polveri e cattivo stato di pulizia dei piazzali e dei luoghi circostanti gli impianti. L'adozione di sistemi di E.M.S. (Environmental Management Systems) o di qualità ambientale riduce questo tipo di rischio.
Oltre ai normali rischi legati alla gestione di impianti industriali negli impianti di selezione si possono presentare rischi di incendi a causa del materiale stoccato (materiale cellulosico, plastica), e rischi di esplosione, specificamente nell'operazione di triturazione primaria dei rifiuti indifferenziati. La possibilità che bombolette di gas o materiale esplosivo sia contenuto nei rifiuti, in particolare in quelli indifferenziati, non è da escludere. Occorre prendere precauzioni affinché il trituratore primario sia montato in modo tale da non recare danno agli operatori e alle strutture dell'impianto anche in caso di esplosione (eventualmente blindato o bunkerizzato e disegnato in modo che lo spostamento d'aria sia convogliato verso l'alto).
La realizzazione degli impianti è, comunque, soggetta all'esame preliminare dei VV.FF. e all'adozione di metodi costruttivi e di misure antincendio (attrezzature e analisi del rischio e piani di emergenza), secondo norme e prescrizioni.

I rischi principali legati alla gestione degli impianti sono piuttosto per i lavoratori e sono legati alla movimentazione del materiale in spazi tradizionalmente ristretti , in cui si muovono macchine operatrici e operatori. L'automazione di alcune movimentazioni, realizzabile per gli stoccaggi dei rifiuti e l'alimentazione della pressa, diminuisce questi rischi, riguardo ai quali occorre comunque prendere le opportune precauzioni.
I rischi dal punto di vista dell'igiene del lavoro sono particolarmente importanti laddove si eseguono operazioni di cernita manuale in cui gli operatori lavorano generalmente in piedi di fronte al nastro trasportatore su cui avanzano i rifiuti da selezionare; gli aspetti specifici da analizzare riguardano l'inalazione di polveri e gas nocivi, la possibilità di prodursi tagli, bucature ed altre abrasioni superficiali, i limiti massimi di produttività sopportabili per la durata dell'orario di lavoro, la presenza di macchine rumorose.
Nel recupero di materiali dai R.A.E.E. occorre porre attenzione alla sicurezza nel recupero del vetro dai tubi catodici (pericolo di implosione, contenuto di sostanze chimiche pericolose) e da altri apparecchi che possono contenere sostanze ambientalmente critiche (CFC, HCFC, mercurio, PCB, ecc).

E.4 Migliori tecniche e tecnologie degli impianti di selezione e produzione combustibile da rifiuti

Di seguito vengono individuate le migliori tecniche e tecnologie che dovrebbero essere utilizzate nella realizzazione e gestione degli impianti di selezione e produzione di combustibile da rifiuti con lo scopo di ridurre l'impatto sull'ambiente. In particolare vengono anche indicati i presidi ambientali necessari a ridurre le emissioni generate da ciascun impianto.

Le tecniche considerate obsolete non sono state prese in considerazione; sono state considerate solo le tecniche che migliorano la performance ambientale degli impianti, in particolare quelle utilizzate nella realizzazione e gestione degli impianti di selezione e produzione di combustibile da rifiuti.
Nel presente capitolo vengono quindi trattate la produzione, la prevenzione, il controllo, la gestione, le procedure di minimizzazione dei consumi e delle emissioni. L'adozione di queste tecniche implica modifiche del processo di trattamento e delle condizioni operative degli impianti a favore di sistemi meno inquinanti, volti a ridurre il consumo di materiali, sostituire le sostanze che possono dare luogo a prodotti tossici, aumentare il recupero dei rifiuti e in generale migliorarne i metodi di gestione.

E.4.1 Configurazione base di un impianto

Tutti gli impianti di selezione devono essere dotati di:
- una zona di ricezione e accumulo temporaneo dei rifiuti in ingresso;
- una zona di trattamento;
- una zona di stoccaggio dei materiali trattati e di carico sui mezzi in uscita.

E.4.2 Ricezione e Stoccaggio

La ricezione e tutte le aree di stoccaggio di matrici ad alta putrescibilità (RU indifferenziati o residui, frazioni di lavorazioni intermedie o finali ad elevata contaminazione da organico) devono essere:
- realizzate al chiuso;
- dotate di pavimento in calcestruzzo impermeabilizzato;
- dotate di opportuni sistemi di aspirazione e trattamento dell' aria esausta;
- dotate di sistema di raccolta degli eventuali percolati.

Elevate quantità di rifiuti combustibili, come carta e plastica devono essere stoccate in modo da ridurre il rischio di incendio (possibilmente imballati fino al momento del trattamento). Deve essere redatto un piano di pronto intervento in caso di incendio.

La ricezione e tutte le aree di stoccaggio di rifiuti a bassa putrescibilità (frazioni secche derivanti da raccolta differenziata, frazioni di lavorazioni intermedie o finali a bassa contaminazione da organico quali metalli, inerti, RU essiccati o bioessiccati) devono essere:
- realizzate almeno sotto tettoia o all'aperto in cassoni chiusi;
- dotata di pavimentazione realizzata in asfalto o in calcestruzzo;
- dotata di sistemi di raccolta delle acque di lavaggio delle aree stesse.

Tutte le aree di stoccaggio, nelle quali sia prevista la presenza non episodica di operatori, devono essere realizzate in modo tale da essere facilmente lavabili.
Tutte le aree di stoccaggio temporaneo (non a scopo di processo biologico) di rifiuti ad elevata putrescibilità, nelle quali sia prevista la presenza non episodica di operatori, devono essere liberate e lavate con adeguata frequenza.

E.4.3 Movimentazioni

Qualora la movimentazione dei rifiuti sia eseguita da un operatore su pala meccanica ragno o gru ponte, la cabina di manovra della macchina deve essere dotata di climatizzatore e di un sistema di filtrazione adeguato alle tipologie di rifiuti da movimentare.
In caso di movimentazione di rifiuti ad elevata putrescibilità con pala gommata o ragno, tutte le aree di manovra devono essere realizzate in calcestruzzo corazzato.

E.4.4 Modalità di realizzazione di sistemi di selezione

Tutte le linee di selezione meccanica devono essere realizzate:
- all'interno di capannone chiuso;
- in aree dotate di sistemi di copertura.

La realizzazione di linee completamente all'aperto è sconsigliata per i seguenti motivi:
- difficoltà di controllo e manutenzione in caso di pioggia;
- difficoltà di controllo delle emissioni odorose e delle polveri;
- deterioramento rapido delle macchine a causa degli agenti atmosferici.

Le linee di selezione realizzate al chiuso devono essere dotate di un impianto di aspirazione di polveri e/o odori.
A seconda dei casi e dei rifiuti trattati il sistema di aspirazione può essere localizzato nei punti critici (cappe collocate su salti nastro, tramogge di carico e scarico, vagli, carterizzazioni di macchine e nastri, ecc.) oppure essere diffuso.
Le linee di selezione realizzate sotto tettoia devono prevedere accorgimenti atti ad evitare la dispersione di polveri e/o odori e/o rifiuti.
A seconda dei casi e delle differenti tipologie dei rifiuti da trattare possono essere presi i seguenti accorgimenti:
- carterizzazione di macchine e nastri;
- aspirazioni localizzate su punti critici;
- sistemi che evitino la dispersione aeraulica.

Tutte le superfici su cui sono posizionate le macchine di trattamento meccanico devono essere dotate di adeguata pavimentazione impermeabilizzata e di sistema di raccolta delle acque di lavaggio.
Gli impianti di selezione meccanica devono essere realizzati in modo da ridurre al minimo la presenza continuativa di operatori all'interno delle aree di trattamento; a tale scopo devono essere previsti sistemi di controllo remoto degli impianti (da sala controllo) quali;
- telecamere;
- sensori di rotazione dei nastri;
- sensori di sbandamento dei nastri;
- livelli di riempimento tramogge;
- controlli remoti delle eventuali regolazioni di velocità dei nastri;
- segnalazioni di allarme delle varie parti;
- pesatura automatica sull'alimentazione e sulle uscite dei materiali .

Negli impianti di selezione deve essere esclusa qualsiasi operazione di cernita manuale (senza l'ausilio di alcuna macchina) su RU tal quali o frazioni residue dopo raccolta differenziata. Le operazioni di cernita possono essere previste solo su rifiuti preselezionati, provenienti da raccolta differenziata delle sole frazioni secche.
Tutte le eventuali operazioni di cernita manuale, eseguite su rifiuti secchi da raccolta differenziata, che possono dare luogo ad emissioni di polveri e/o odori, devono avvenire all'interno di cabine climatizzate, poste in pressione o depressione e con prelievo di aria eseguito all'esterno dell'impianto di trattamento. Si consigliano come minimo 5 ricambi ora.

E.4.5 Tecniche da considerare nella preparazione del combustibile da rifiuti

a) Separazione aeraulica

Applicazione: separazione del materiale in uscita dal trituratore secondario.
Benefici ambientali ottenibili:
- riduzione del contenuto indesiderato di frazioni fini nel prodotto finale
- in caso di ulteriore riduzione dimensionale, i rotori, inclusi le lame e i supporti si scaldano meno e diminuisce il fabbisogno di energia per la riduzione dimensionale e volumetrica
- condizioni migliori per il trasporto del materiale.

Tecniche da considerare:
Riuso dell'aria che è stata utilizzata per il classificatore ad aria. Circa il 30% dell'aria del flusso in circolazione è scaricata dal lato in pressione del ventilatore e depurata con un filtro per la polvere.

Benefici

I vantaggi offerti da questa operazione sono i seguenti:
- il filtro per separare la polvere può essere di dimensioni molto più piccole perché l'aria da filtrare è circa 1/3 del volume convenzionale
- l'aria circolante ha una bassa concentrazione in polvere o umidità
- la velocità dell'aria alla zona di separazione può essere regolata con valvole a farfalla.

Dati operativi
La quantità d'aria consumata dal classificatore dipende dalla geometria del condotto del classificatore.

Applicabilità
Non tutti i classificatori ad aria disponibili prevedono l'opzione di ricircolo dell'aria. In molti casi debbono essere progettati appositamente.

La velocità dell'aria per la separazione di carta secca, plastica sottile e plastica in film è, approssimativamente, pari a 12 m/s. Il minimo recupero di questa frazione leggera ad alto potere calorifico è di circa il 70%. La velocità di passaggio attraverso un classificatore ad aria è limitato dal carico specifico, con un massimo di capacità di 0,35 kg di solidi/m^3 aria*ora.

b) Separazione magnetica

Applicazione: separazione metalli
Alcune tecniche da considerare sono:
a) installazione di un separatore magnetico in linea con il nastro che trasporta i rifiuti, posizionato sulla traiettoria di caduta degli stessi.
b) installazione di un ulteriore stadio di separazione con un separatore a tamburo magnetico o a puleggia, per le piccole parti ferrose di difficile captazione
c) incremento della velocità del nastro magnetico per avere un minore spessore del materiale trasportato e migliori rese di separazione
d) impiego di un separatore magnetico alimentato dall'alto

Benefici ottenuti

Il separatore magnetico viene usato per estrarre rifiuti metallici ferrosi (ferro, acciaio, banda stagnata) sia al fine del loro recupero sia per evitare problemi operativi nelle sezioni di trattamento successive ed in generale per migliorare la qualità del prodotto.

L'installazione in linea con il nastro trasportatore ed in prossimità del punto di caduta dei rifiuti è preferibile perché favorisce la separazione del materiale. Se, infatti, il magnete fosse messo trasversalmente al nastro, la potenza del magnete dovrebbe essere di molte volte superiore.

Per evitare trascinamenti di materiali non metallici è raccomandato l'aumento della velocità del nastro trasportatore. Generalmente un separatore magnetico dà un risultato molto buono, fino al 98% dei materiali ferrosi contenuti nel rifiuto.

L'impiego di un separatore magnetico alimentato dall'alto generando un campo magnetico più forte può aumentare la resa di separazione.

Dati operativi

Il materiale da separare può essere alimentato al tamburo magnetico separatore dall'alto o dal basso. Nel caso di alimentazione dall'alto, il materiale è caricato sul tamburo con un alimentatore vibrante. Solo i materiali magnetizzabili sono trattenuti sul tamburo mentre gli altri cadono e vengono raccolti al di là di uno schermo di separazione non magnetizzabile.

In uno schema con tamburo alimentato dal basso il tamburo attrae i metalli ferrosi dal nastro alimentatore e li fa cadere dall'altra parte dopo che hanno lasciato il campo magnetico, mentre i materiali non magnetici cadono dal nastro alimentatore. Per un'alimentazione omogenea è indispensabile un alimentatore vibrante.

Normalmente nel trattamento dei rifiuti si opera con il tamburo sottoalimentato solo per applicazioni speciali come i rottami ferrosi da triturazione. A causa della forte abrasione durante la selezione dei rottami il tamburo è fatto di una lamina di 8 mm di spessore di acciaio duro al manganese.

c) Separazione di metalli non ferrosi

Descrizione

Alcune tecniche da considerare comprendono:

a) Classificazione dimensionale dei materiali metallici non ferrosi (al di sotto dei 150 mm) prima di separarlo con un separatore a correnti indotte.
b) Impiego di un campo magnetico alternato ad alta frequenza per migliorare la separazione di materiali molto fini
c) Posizionare i poli magnetici eccentricamente
d) Usare alimentatori vibranti per ottenere uno strato costituito da singole particelle per avere un buon risultato della selezione.
e) Separare le particelle ferrose fini con un magnete a tamburo alimentato dal di sotto prima di alimentare le correnti parassite.

Problemi operativi

E' difficile separare componenti filiformi o molto piatti a causa della debole corrente parassita indotta.

d) Separatori di metalli universali

Descrizione

Nella preparazione del combustibile solido dai rifiuti i separatori di metalli universali sono usati soprattutto per il trattamento dei rifiuti plastici. Il dispositivo funziona con un detector costituito da una bobina che è installata di traverso rispetto alla direzione del flusso e sezionata in elementi singoli. Se una particella di metallo entra nel campo elettromagnetico alternato della bobina questa è individuata da un microprocessore e allontanata per mezzo di un getto d'aria e raccolta in un contenitore separato.

Benefici

Migliora la separazione dei metalli dai rifiuti.

Applicabilità:

I detectors a bobina possono individuare pezzi di metallo di dimensioni superiori a 1 mm. Si applicano quando il contenuto di metalli nel flusso in alimentazione è basso, quando altri sistemi di separazione non funzionano bene a causa dell'alta qualità richiesta o quando si devono proteggere dei dispositivi posti a valle nell'impianto (esempio cesoie rotanti).

e) Vagli rotanti

Descrizione

A secondo della velocità del tamburo si possono avere modi di funzionamento diversi: a cascata o a cataratta

Il vaglio rotante dà i risultati migliori con una velocità di rotazione pari al 70% della velocità critica nel modo a cataratta. Lo svantaggio del vaglio a cascata è la creazione di agglomerati che impediscono una buona separazione dei materiali fini.

Benefici ambientali

Migliora il rapporto di separazione. L'operazione non necessita di apparecchi vibranti, è possibile una maggiore omogeneizzazione ed è possibile pulire le superfici dalle piccole particelle aderenti che spesso contengono alte quantità di metalli pesanti.

f) Spettroscopia al vicino infrarosso (NIR)

Applicazione: separazione selettiva di imballaggi compositi di carta, cartone, plastiche miste come PE, PP, PS, PET e PVC. Il recupero dipende dalla qualità dei rifiuti e la resa di selezione varia dall'80 al 90%. Le qualità raggiungibili per il prodotto selezionato vanno dal 90 al 97%.

Descrizione

Il detector NIR è istallato sopra il nastro trasportatore in modo da permettere la scansione dei singoli materiali e trasmetterne lo spettro caratteristico a un processore. I segnali sono confrontati con un database. Il processore manda un segnale e la selezione avviene con un getto d'aria posto di fronte al punto finale di scarico del nastro. La rampa dell'aria è costituita da tanti getti singoli distanziati di circa 30 mm. Ogni getto d'aria è alimentato da un serbatoio a pressione ed è comandato da elettrovalvole.

Dati operativi

I dispositivi di rilevamento possono selezionare particelle di dimensioni comprese fra 30 e 300 mm circa. La larghezza del nastro può andare da 500 a 1.500 mm. Il flusso, attraverso il dispositivo, di un materiale preclassificato (imballaggio leggero) con dimensioni da 50 a 200 mm va da 1 a 6 t/h.

La separazione del materiale di colore scuro è impossibile perché la luce NIR è tutta assorbita e non c'è radiazione riflessa che raggiunga i sensori.

g) Selezione automatica

Descrizione
Un metal detector sistemato sotto il nastro trasportatore e una videocamera a colori collocata sopra il nastro inviano informazioni sui rifiuti ad un computer. Le informazioni sono analizzate da un software speciale prima che il computer trasmetta gli impulsi agli ugelli per selezionare ed allontanare con soffi d'aria le singole particelle di rifiuti. Sia i prodotti accettati che quelli scartati sono poi portati via con singoli nastri a ulteriori trattamenti o stoccaggi.

Benefici

Migliora l'efficienza della classificazione dei differenti materiali nei rifiuti.

Applicabilità
Con un nastro di 1.200 mm di larghezza e a secondo del materiale è possibile una portata di 2-8 t/h con una dimensione delle particelle da 3 a 250 mm
La selezione automatica sta guadagnando terreno nel settore del trattamento dei rifiuti specialmente nel caso in cui non venga richiesto un prodotto di con particolari specifiche di qualità.

E.4.6 Monitoraggio del funzionamento delle macchine e programmazione della manutenzione

Negli impianti di selezione meccanica devono essere previsti accorgimenti per potere eseguire agevolmente operazioni di manutenzione preventiva, programmata dalla direzione dello stabilimento, secondo le istruzioni del costruttore; a tale scopo le macchine delle linee di selezione devono essere dotate di:
- sistemi di ingrassaggio e lubrificazione automatici o centralizzati;
- cuscinetti autolubrificanti (dove possibile);
- contatori di ore di funzionamento, per la programmazione degli interventi di manutenzione; alle macchine più sofisticate si applica il monitoraggio a distanza con trasmissione dei dati
- pulsantiere locali per azionamento manuale delle macchine durante le manutenzioni;
- possibilità di accesso in tutte le zone con mezzi di sollevamento (manipolatore telescopico, autogrù) per interventi di modifica o manutenzione. Qualora gli spazi a disposizione non lo permettano, occorrerebbe prevedere un carro ponte o paranchi di manutenzione dedicati.

E.4.7 Accorgimenti per limitare la diffusione di rifiuti negli ambienti di lavoro

Negli impianti di selezione meccanica devono essere previsti accorgimenti in grado di impedire la fuoriuscita dei rifiuti dai nastri e dalle macchine di trattamento per mantenere la pulizia degli ambienti; a tale scopo occorre mettere in opera:
- nastri trasportatori ampiamente dimensionati dal punto di vista volumetrico;
- pulitori sulle testate dei trasportatori e nastrini pulitori al di sotto dei trasportatori;
- carterizzazioni;
- cassonetti di raccolta del materiale di trascinamento, in corrispondenza delle testate posteriori o dei rulli di ritorno;
- strutture metalliche di supporto delle macchine tali da permettere il passaggio di macchine di pulizia dei pavimenti.

E.4.8 Limitazione delle emissioni

Generalità

Gli impianti di selezione devono essere eserciti in modo da non produrre emissioni dannose all'ambiente esterno e all'ambiente di lavoro, in particolare:

- emissioni di polveri
- emissioni di sostanze osmogene
- emissione di rumori
- scarichi liquidi
- produzione di rifiuti

Non si devono, inoltre, produrre infestazioni di insetti e roditori.

Limitazione delle emissioni di polveri

Le emissioni di polveri sono prodotte dagli impianti di selezione della carta, della plastica, dei rifiuti indifferenziati. Al fine di limitare tali emissioni devono essere previsti:

- ricambi d'aria degli ambienti chiusi in cui si svolgono le operazioni di trattamento
- sistemi di aspirazione concentrata (cappe collocate su salti nastro, tramogge di carico e scarico, vagli, copertura con appositi carter di macchine e nastri, ecc).

Deve essere, inoltre, assicurato un numero di ricambi d'aria adeguato alla intensità delle emissioni ed alla presenza di operatori all'interno del capannone, variabile da 1 a 4.
L'aria aspirata con entrambi i sistemi deve essere trattata con filtri a tessuto aventi caratteristiche tali da assicurare un'efficienza di abbattimento pari ad almeno il 98% delle emissioni in ingresso; in ogni modo devono essere definiti:

- tipo di tessuto (polipropilene o feltro poliestere)
- max velocità di attraversamento (1,25 mc/mq.min)

Va, inoltre, prevista:

- la pulizia automatica delle maniche
- l'evacuazione delle polveri tramite contenitori a tenuta
- la caratterizzazione delle polveri raccolte al fine di individuare le modalità di smaltimento più adeguate

I liquidi usati negli scrubbers devono essere monitorati per assicurare il corretto funzionamento (pH, concentrazioni, ricambio dei reagenti etc).
Importante è anche mettere in atto un piano dettagliato relativo alla gestione degli odori che indichi:

- le più importanti attività che producono odori e le sorgenti di odore
- le rilevazioni ambientali eseguite e le tecniche utilizzate per controllare le emissioni odorose
- le operazioni eseguite per valutare l'esposizione agli odori dei diversi recettori
- i risultati dei monitoraggi e dei reclami ricevuti
- le azioni da intraprendere in caso di eventi anormali o di condizioni che possono generare problemi di odori
- i sistemi utilizzati per ridurre le emissioni osmogene
- i criteri e le modalità sistemi utilizzati nella fase di accettazione di specifici flussi di rifiuti che possono essere fonte di odori.

Limitazione delle emissioni odorose

Le emissioni di odori sono di norma connesse alla presenza di sostanze organiche allo stato liquido e solido nei rifiuti trattati. Tali emissioni sono presenti in impianti di:

- selezione meccanica secco-umido su rifiuti solidi urbani tal quali o dopo raccolta differenziata. In questo caso l'aria aspirata dal volume della fossa rifiuti può essere trattata con gli stessi presidi ambientali usati per il trattamento dell'aria estratta dai locali dove avviene la stabilizzazione delle sostanze organiche (in genere associata alla selezione), in particolare scrubber ad umido e filtri biologici.
- selezione e pulizia di rottami di vetro e lattine da raccolta differenziata. In questo caso occorre eseguire una caratterizzazione delle sostanze osmogene presenti e della loro concentrazione almeno ad una distanza di 100 metri dallo stabilimento. Anche in questo caso vanno previsti appositi presidi ambientali quali filtri biologici.

Nel filtro biologico si considerano i seguenti parametri:

- indice volumetrico max 80 mc aria/(mc filtro.h)
- tempo di ritenzione 45s-1min
- altezza dello strato filtrante H_{min}= 1,2 m
- tipo di materiale filtrante cortecce, legno, altre biomasse idonee

Il filtro biologico deve essere in grado di abbattere almeno il 98% delle sostanze odorigene. Per le misure si deve fare riferimento ai metodi sensoriali (olfattometria dinamica), metodo prEN13725.
Occorre tenere il filtro biologico in buone condizioni di funzionamento e di manutenzione.
A tal fine:

- l'aria che arriva al biofiltro deve essere molto umida (vicina al 90% rispetto alla saturazione)
- il particolato deve essere rimosso
- i gas devono essere raffreddati alla temperatura ottimale per l'attività biologica (25-35°C), occorre tenere conto dell'aumento di temperatura anche di 20 °C nel passaggio nel letto filtrante
- si deve controllare giornalmente la temperatura del gas uscente e la pressione all'ingresso del filtro
- il contenuto di umidità del filtro deve essere regolarmente controllato.
- deve essere presente un allarme di bassa temperatura che può danneggiare il filtro e la popolazione microbica
- il mezzo filtrante deve essere supportato in modo da permettere un facile e regolare passaggio dell'aria senza perdita di carico
- il mezzo deve essere rimosso quando inizia a disintegrarsi, impedendo il passaggio dell'aria Per questo motivo il filtro deve essere sezionabile in almeno tre sezioni che possono funzionare indipendentemente dalle altre.

La biofiltrazione ha i più bassi costi di gestione di tutte le altre tecnologie per il trattamento di sostanze organiche biodegradabili in piccole concentrazioni. Il beneficio ambientale include la bassa richiesta di energia e la mancanza di trasferimento di inquinamento da un mezzo a un altro.
Bisogna considerare però l'evenienza della perdita della biomassa a causa dell'introduzione di sostanze tossiche: è necessario avere una procedura di stand-by per un evento di questo tipo.
In alternativa è possibile utilizzare tecniche di controllo del COV e delle sostanze odorigene con impianti di ossidazione termica di tipo rigenerativo che funzionano a temperatura elevate e hanno, comunque, un consumo di combustibile che può essere compensato solo se si può utilizzare il calore generato nello stesso sito dell'impianto.

E 4.8.1 Tecniche di trattamento delle emissioni gassose

Nella presente sezione vengono descritte le principali tecniche di trattamento delle emissioni gassose adottate nel settore, ed indicate, ove possibile, le prestazioni da esse fornite. Le tecniche

ritenute maggiormente idonee per lo specifico settore del trattamento rifiuti sono individuate nel Bref "Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries".
Le tecniche di trattamento dei gas sono, in genere, orientate alla rimozione del materiale particolato, dei vapori di sostanze liquide volatili e dei tipici contaminanti gassosi.

Prestazioni delle tecniche di trattamento delle emissioni gassose

Separatore
Il trattamento prevede il passaggio del gas attraverso una camera dotata di appositi sistemi di deviazione del flusso (piatti paralleli, deflettori, ecc.) in cui gli aerosol e/o piccole gocce di liquido, vengono separati dalla corrente gassosa per effetto della gravità / inerzia di massa.

Parametro	Rimozione (%)	Note
Materiale particolato (PM)	10-90	In funzione della dimensione del materiale particolato (la dimensione deve essere comunque >PM_{10} e, preferibilmente, > PM_{50}; utilizzabile per flussi compresi tra 100-100.000 Nm^3/h e non influenzato dal quantitativo di polveri

Ciclone
In tutte le tipologie di cicloni le particelle solide e le goccioline di liquido vengono separate dal flusso gassoso mediante l'utilizzo di forze centrifughe, all'interno di una camera di forma conica. La corrente gassosa entra tangenzialmente nella parte superiore, venendo in tal modo sottoposta all'azione di una forza centrifuga che tende a portare le particelle sospese verso la periferia della camera. Il moto a spirale del fluido impartisce alla particella un'accelerazione radiale verso le pareti dell'apparecchiatura mentre, simultaneamente, la forza di gravità la spinge verso il basso; ne risulta un movimento discendente a spirale fino a quando la particella, per urto contro le pareti si separa dalla corrente gassosa che esce dall'alto attraverso un condotto centrale.
Essendo la velocità radiale inversamente proporzionale al raggio del ciclone, si tende a realizzare delle batterie formate da tanti piccoli cicloni posti in parallelo, di alcune decine di centimetri di diametro ciascuno, o gruppi di cicloni posti in serie (multicicloni).
Tali apparecchiature non consentono di captare le particelle di diametro inferiore ai 5-10 micron, lasciando così passare la maggior parte dei metalli pesanti condensati sulle particelle di diametro inferiore.

Parametro	Rimozione (%)				Note
	Conven-zionale	Ad alta efficienza	Ad alta portata	Multi-ciclone	
PM	70-90	80-99	80-99		Portata: 1-100.000 Nm^3/h (ciclone singolo); >180.000 Nm^3/h (mulitiiciclone) Contenuto di polveri: 1-16.000 g/Nm^3 Materiale particolato: <PM_{200}; temperatura: dipende dal materiale, può essere > 1.200 °C
PM_{10}	30-90	60-95	10-40		
PM_5		90		80-95	
$PM_{2,5}$	0-40	20-70	0-10		

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Filtri a manica
Sono costituiti da elementi tubolari in tessuto ciascuno sostenuto da un cestello portante interno, solitamente in acciaio.

Schematicamente il filtro a maniche si divide generalmente in tre zone:

- la zona di filtrazione, in cui i fumi, lambendo dall'esterno le maniche, attraversano il tessuto depositandovi le particelle;
- la zona superiore o di evacuazione, in cui i fumi vengono raccolti dopo essere stati aspirati dall'alto delle maniche;
- la zona inferiore o tramoggia, in cui vengono raccolte le particelle precipitate per scuotimento tramite getti periodici di aria compressa in controcorrente.

Principali caratteristiche dei tessuti impiegati nei filtri a manica

	T° max (°C)	Resistenza a:			
TIPO DI FIBRA	Cont./punta	Idrolisi	Acidi	Alcali	Ossidazione
Polipropilene	90/100	Ottima	Ottima	Ottima	Cattiva
Poliolefina per alta T	125/130	Ottima	Ottima	Ottima	Cattiva
Poliammide	110/115	Cattiva	Moderata	Buona	Moderata
Poliacrilonitrile cop.	110/115	Buona	Moderata	Moderata	Buona
Poliacrilonitrile omo	125/140	Buona	Buona	Moderata	Buona
Poliestere	140/150	Cattiva	Moderata	Cattiva	Buona
M-aramide	180/220	Moderata	Moderata	Moderata	Buona
Polifenilensolfuro	190/200	Ottima	Ottima	Ottima	Buona
Poliimide	240/260	Buona	Buona	Moderata	Buona
Politetrafluoroetilene	250/280	Ottima	Ottima	Ottima	Ottima

Fonte: Linee guida CITEC (2002)

Le prestazioni di un filtro a manica non sono ben definibili né individuando le dimensioni della più piccola particella filtrabile, né indicando le performance in termini ponderali, dato che la quantità di polvere in uscita dal sistema filtrante dipende poco dalla concentrazione in ingresso; le prestazioni di un filtro sono, piuttosto, definibili tramite la concentrazione di polvere in uscita espressa in mg/m^3. Le velocità media di filtrazione sono nell'intervallo 1,2-1,5 m^3/m^2min

Parametro	Emissione (mg/Nm^3)	
	Filtro standard	Filtro compatto
PM[1]	2-10	1-10
Note[2] Portata entrante (m^3/ora): 1.000 – 50.000 Concentrazione gas entrante (mg/Nm^3): 100 – 5.000		

Fonte: [1] "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"
[2] "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries"

Scrubber

I sistemi di adsorbimento delle emissioni gassose vengono comunemente detti "scrubber" o torri di lavaggio. In particolare gli scrubber ad umido sono apparecchiature in grado di effettuare il trasferimento di massa di composti solubili dalla corrente gassosa ad un solvente, in genere rappresentato da acqua. Va rilevato, tuttavia, che il lavaggio ad acqua ha una elevata efficacia solo per i composti spiccatamente idrosolubili quali ammoniaca, alcoli, acidi grassi volatili; altri composti come le ammine, l'idrogeno solforato, i composti clorurati, i chetoni e le aldeidi sono scarsamente solubili in acqua. Per tali composti si rende necessario l'utilizzo di appositi reagenti chimici, in grado di operare la neutralizzazione o l'idrolisi acida o basica, oppure l'ossidazione in fase gassosa o liquida.

Gli scrubber devono essere dimensionati in modo da garantire tempi di permanenza e superfici di contatto adeguate per la rimozione richiesta. I fenomeni di adsorbimento e solubilizzazione possono essere inoltre favoriti ricorrendo alla nebulizzazione del liquido, o alla creazione di film sottili con grande superficie di contatto, e ponendo nelle torri di lavaggio corpi di riempimento di varie forme e dimensioni.

Biofiltrazione

Con il termine di biofiltrazione si intende quel processo finalizzato all'ossidazione biologica di composti biodegradabili attuato mediante il passaggio della corrente gassosa in una unità riempita con substrato particolato filtrante, costituito da materiali quali corteccie, legno triturato, compost maturo, terreno ed anche da materiale inerte popolato da biomassa microbica attiva (biofilm).
È' importante sottolineare che la colonizzazione e le attività metaboliche avvengono all'interno dello strato d'acqua che si crea attorno alle particelle della matrice solida di cui il biofiltro è costituito.

Principali caratteristiche dei biofiltri

Parametro	**caratteristiche**
Mezzo filtrante	Deve essere biologicamente attivo ma anche sufficientemente stabile
	Contenuto di sostanza organica >60%
	Resistenza a possibili getti d'acqua ed alla compattazione
	Contenuto di materiale fine relativamente basso al fine di ridurre perdite nelle correnti gassose
	Emissioni osmogene residue relativamente basse
	Al fine di garantire il raggiungimento delle prestazioni sopra riportate dovrebbero essere preparate apposite miscele di materiali
Umidità	50-80% in peso
	Deve essere prevista la possibilità di addizionare acqua e rimuovere eventuali materiali residui
Nutrienti	Il contenuto di nutrienti deve essere adeguato al fine di garantire la buona efficienza del biofiltro
	Il contenuto di nutrienti non rappresenta, in genere, un limitazione nei processi di digestione aerobica dei gas in virtù dell'elevato contenuto di NH_3
pH	Compreso tra 7 e 8,5
Temperatura	Prossima alla temperatura ambiente, 15 – 35 o 40 °C
Pretrattamento del gas	Il gas viene, spesso, umidificato al fine di raggiungere valori di umidità prossimi al 100%
	In alcuni casi si rende necessaria la rimozione di polvere e aerosol, al fine di evitare intasamenti del mezzo filtrante; per molti biofiltri la presenza di polveri non rappresenta, comunque, un problema (a meno che non sia presente uno strato di tessuto sulla superficie filtrante)
Flusso gassoso	<100 m^3/hm^3 (valori maggiori devono essere supportati da opportuni test)
Tempo di residenza del gas	30-60 secondi (tempi di residenza minori devono essere supportati da opportuni test)
Spessore del biofiltro	>1m, <2m
Capacità filtrante	Dipende dalla tipologia di biofiltro e dalle sostanze presenti nel gas (in genere è compresa nel range 10-160 $gm^{-3}h^{-3}$
Distribuzione del gas	Il sistema deve essere progettato in modo da garantire uniformità di distribuzione e di flusso del gas nel mezzo filtrante

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries"

Efficienza di ritenzione dei biofiltri per alcuni composti volatili:

Composto[1]	**Concentrazione ($\mu g/m^3$) min – max**	**Efficienza (%) min – max**	**Concentrazione ($\mu g/m^3$) min – max**	**Efficienza (%)** min – max	**Concentrazione ($\mu g/m^3$) min – max**	**Efficienza (%) min – max**
Acetaldeide	2100 - 2500	78 - 89	46 – 740	89 – 96	4900 – 6100	99
n -Butilacetato	150 – 425	97 – 99	30 – 120	83 - 96	170 - 980	73 - 99

Composto[1]	Concentrazione (µg/m^3) min – max	Efficienza (%) min – max	Concentrazione (µg/m^3) min – max	Efficienza (%) min – max	Concentrazione (µg/m^3) min – max	Efficienza (%) min – max
Etilbenzene	250 – 310	12 - 42	60 – 190	27 – 61	250 – 740	16 – 43
2 – Etiltoluene	180 – 220	33 - 41	25 – 105	14 - 89	80 – 270	25 – 55
3,4 - Etilltoluene	480 – 640	23 - 45	70 – 260	38 – 96	230 – 1000	48 – 77
Limonene	1700 – 4300	29 - 40	810 – 2200	94 – 98	1300 – 3700	30 - 63
Toluene	490 – 550	16 – 39	130 – 280		460 – 1000	7 – 36
m/p – Xylene	850 – 1400	9 – 42	280 - 620	30 – 71	720 – 2000	19 - 45
o – Xylene	260 – 290	23 - 41	60 – 150	7 - 63	160 – 650	20 - 45
Acetone	2450 – 2900	99 - 100	1200 - 2800	99 – 100	4700 – 8200	93 - 97
2 – Butanone	960 – 2800	99 – 100	80 – 770	94 – 99	370 – 11000	95 – 100
Etanolo	5200 – 5300	100	88 – 750	94 – 99	14000 – 18000	100
α - Pinene	370 – 700	8 – 44	280 – 790	53 – 83	560 – 930	5 - 39
β - Pinene	330 - 800	12 - 44	120 - 300	53 - 81	230 - 490	38 - 49

[1]emissioni derivanti prevalentemente dai trattamenti meccanico biologici dei rifiuti urbani
Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries"

Ossidazione termica

L'ossidazione termica è il processo di ossidazione dei gas e dei composti osmogeni combustibili contenuti nella corrente gassosa, attuata mediante la loro miscelazione con l'ossigeno dell'aria, al di sopra del punto di auto-ignizione, e mantenendo la miscela ad alte temperature per un tempo sufficiente a garantire l'ossidazione completa a CO_2 ed H_2O.

Le tecniche di ossidazione termica sono:

- *incenerimento:* nella decontaminazione di aria termica esausta, l'aria termica esausta è trattata in una camera di combustione a temperature fino a 850 °C e per un tempo di residenza minimo di 2 secondi. In questo intervallo di tempo le sostanza pericolose sono totalmente ossidate e il gas pulito può essere rilasciato in atmosfera
- *combustione combinata,* In alcuni impianti dove è presente la combustione è possibile iniettare l'aria inquinata raccolta nello stabilimento direttamente nel circuito dell'aria secondaria del forno oppure nell'aria primaria che alimenta il forno, eventualmente con un'adattamento specifico del processo di combustione (modifica della depurazione dei gas e della stabilità della combustione).
- *combustione catalitica:* anche in questo caso l'aria inquinata viene bruciata ma in questa tecnica la temperatura di combustione è ridotta con l'uso di un catalizzatore. Il catalizzatore permette la stessa distruzione del COV ma a temperature più basse
- *ossidazione termica rigenerativa.* Il COV è bruciato in camere di combustione fra 750 e 950 °C. L'energia prodotta nella combustione del COV è usata per preriscaldare l'aria sul letto ceramico prima della combustione. La temperatura della combustione può essere adattata secondo la concentrazione di COV. L'aria di processo inquinata è riscaldata fino alla temperatura di reazione e quindi condotta a un reattore che combina insieme un catalizzatore e un letto di accumulazione del calore. In questo reattore l'aria di processo è decomposta in CO_2 e H_2O. Il calore di questo reattore è quindi condotto a un secondo reattore combinato e lì viene accumulato. Quando questo secondo reattore si è riscaldato, la corrente dell'aria di processo è deviata in modo da entrare nel secondo reattore. Il calore del secondo reattore è quindi usato per preriscaldare l'aria di processo, mentre la l'ossidazione dell'inquinamento ha luogo nel primo reattore. Nelle operazioni successive l'unità viene comandata a passare ciclicamente fra i due stati descritti prima.

Le caratteristiche delle diverse tecniche sono:

Tecnologia	Dati operativi
Incenerimento	Richiede, in genere, l'utilizzo di combustibile addizionale. Portata entrante: 1.500 Nm^3/ora Temperatura operativa: 1.050-1.200 °C.
Combustione combinata	Richiede l'istallazione di strumentazioni e valvole specifiche al fine di prevenire l'"effetto domino" tra i diversi processi di combustione. Fluttuazione nella qualità o nella quantità di COV può causare disfunzioni del sistema di combustione. Portata in ingresso: <50.000 Nm^3/ora Concentrazione COV in ingresso: $\approx$3 g/Nm^3 Concentrazione COV in uscita: 10-50 mg/Nm^3
Combustione catalitica	In alcuni casi richiede il pretrattamento del gas (ESP, filtri a manica, scrubber) nonché la diluizione con aria quando vengono raggiunte concentrazioni tali da poter causare esplosioni. Il consumo energetico è inferiore rispetto all'incenerimento termico. Portata in ingresso: 20.000-50.000 Nm^3/ora
Ossidazione termica rigenerativa	Può sopportare fluttuazioni di concentrazione dei COV. Richiede la diluizione con aria quando vengono raggiunte concentrazioni tali da poter causare esplosioni e un sistema di eliminazione delle polveri dal flusso entrante quando la loro concentrazione è superiore a 20 mg/Nm^3. Portata in ingresso: 20.000-80.000 Nm^3/ora Efficienza: > 99%

Tecniche di trattamento associate con le BAT per le emissioni gassose – rimozione delle polveri (I)

	Separatore	**Ciclone (secco & umido)**	**Elettrofiltro (secco & umido)**
Scopo	Separazione a gravità	Separazione a gravità supportata da forze centrifughe	Separazione tramite campo elettrico
Applicazione	Tecnica preliminare a diversi sistemi di filtrazione	Fase iniziale del controllo del materiale particolato, precede elettrofiltro o filtri a maniche	Trattamento finale nel controllo del materiale particolato
Limiti di applicazione	• Flusso: fino a 100000 Nm^3/h • Dimensioni del particolato: > PM_{50}, ma anche minori dimensioni, fino a PM_{10}	• Flusso: fino a 100000 Nm^3/h (singola unità) fino a 180000 Nm^3/h (multiciclone) • Contenuto di polveri: fino a 16000 g/Nm_3 • Dimensioni del particolato: fino a $PM_{2,5}$	• Flusso: molto elevato, fino a 1800000 Nm^3/h, a seconda delle varianti • Contenuto di polveri: 1 ÷10 g/Nm_3 • 2 ÷110 g/Nm_3 • Dimensioni del particolato: >$PM_{1,0}$ • Temperature: fino a 700°C (secco) < 90°C (umido) • Resistività: $5x10^3$ ÷$2x10^{10}$
Consumi	• Energia: solo per le ventole • Caduta di pressione: <0,5 kPa	• Energia: 0,25-1,5 kWh/1000 Nm^3 • Caduta di pressione: 0,5 ÷2,5 kPa	• Acqua (E. umido) • Energia: 0,5-1.5 kWh/1000 Nm^3 • Caduta di pressione: 0,05 ÷0,5 kPa
Effetti trasversali	Smaltimento delle polveri residue	Smaltimento delle polveri residue Emissioni rumorose	Smaltimento delle polveri o dei reflui residui
Requisiti volumetrici	Bassi		
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	10÷90 (dipende dalle dimensioni della particella e dalle caratteristiche dell'emissione gassosa)	PM 80 ÷99 PM_{10} 60 ÷95 PM_5 80 ÷95 $PM_{2,5}$ 20 ÷70	PM 99 ÷99,2 PM_{10} 97,1 ÷99,4 $PM_{2,5}$ 96 ÷99,2
Livelli di emissione raggiungibili (mg/l)			Polveri: 5÷15
Applicabilità ad impianti già esistenti	Normalmente integrato		

Tecniche di trattamento associate con le BAT per le emissioni gassose – rimozione delle polveri (II)

	Torre di lavaggio (scrubber) a umido	**Filtri a maniche**
Scopo	Trasferimento di massa dalla fase gassosa a quella liquida	Tecnica di filtraggio
Applicazione	Trattamento finale nel controllo del materiale particolato	Rimozione PM < $PM_{2.5}$ come trattamento finale Riesce a trattenere particelle che l'elettrofiltro non rimuove
Limiti di applicazione	• A seconda delle varianti tecniche, fino a 170.000 Nm^3/h • I flussi con alti carichi di polveri necessitano di accorgimenti tecnici come torri a spruzzo, scrubber a piatti e venturi	• Il particolato di dimensioni elevate deve essere rimosso a monte del filtro • Flussi fino a 1.800.000 Nm^3/h • Limiti di temperatura a seconda del materiale del filtro
Consumi	• Acqua di lavaggio: 0.5-5 l/ Nm^3 • Energia: 1-6 kWh/1000 Nm^3 • Caduta di Pressione: 3-20 kPa (venturi)	• Aria compressa • Energia: 0.2-2 kWh/1000 Nm^3 • Caduta di pressione: 0.5-2.5 kPa 5-50 kPa (ceramica)
Effetti trasversali	Sospensione richiede un ulteriore trattamento Emissioni rumorose	Smaltimento delle polveri residue
Requisiti volumetrici		
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	PM 50 ÷99 dipende dalle modifiche VOC 50 ÷95 dipende dalle modifiche SO2 80 ÷99 dipende dalle modifiche	Polveri 99-99.9
Livelli di emissione raggiungibili (mg/l)		Polveri 2-10 1 (filtro con fibre ceramiche)
Applicabilità ad impianti già esistenti		

Tecniche di trattamento associate con le BAT per le emissioni gassose – rimozione dei composti organici volatili (I)

	Scrubber a umido (torri di lavaggio)	Adsorbimento	Condensazione
Scopo	Trasferimento di materiale dalla fase gassosa a quella liquida	Trasferimento di materiale dalla fase gassosa a quella liquida	Liquefazione per raffreddamento
Applicazione	Primo o secondo stadio di trattamento per il controllo dei composti organici volatili, degli inorganici e delle polveri, a seconda delle specifiche tecniche dello scrubber	Rimozione di composti organici volatili, sostanze odorigene, diossine Diverse varianti tecniche	Rimozione di composti organici volatili da flussi gassosi concentrati Pretrattamento prima di sistemi di abbattimento, scrubbing, adsorbimento
Limiti di applicazione	Le temperature ottimali per lo scrubbing ad acqua, senza reagenti chimici, sono sotto i 40 °C Concentrazione polveri: a seconda delle specifiche tecniche dello scrubber	Flussi fino a 100.000 Nm^3/h Temperature < 80 °C (GAC) < 250 °C (Zeoliti) Basso contenuto di polveri	Flussi fino a 100.000 Nm^3/h Temperature < 80 °C Basso contenuto di polveri (<50 mg /Nm^3)
Consumi	Liquidi di scrubbing e di raffreddamento Agenti chimici (acidi, alcalini, ossidanti) Energia: 0.2-1 kWh/1000 Nm^3 Vapore per stripping (desorbimento) Caduta di Pressione: 0.4 – 0.8 kPa	Azoto o vapore Acque di raffreddamento Caduta di Pressione: 2-5 kPa	Liquidi di raffreddamento Energia: Caduta di Pressione: 0.1-0.2 kPa
Effetti trasversali	Acque reflue da inviare a idoneo trattamento	Smaltimento materiali adsorbenti	
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	COV fino al 99 (comunque superiore al 50) Composti inorganici 90-99 SO_2 80-99	COV 80-95 Composti odorigeni 80-95 H_2S 80-95	
Livelli di emissione raggiungibili (mg/ Nm^3)	HF <1 HCl <10 (<50 con acqua) SO_2 <40	Hg <0.05 Diossine < 0.1 ng/ Nm^3 TEQ	

Tecniche di trattamento associate con le BAT per le emissioni gassose – rimozione dei composti organici volatili (II)

	Ossidazione termica	**Trattamenti biologici (filtrazione/scrubbing/filtri percolatori)**
Scopo	Ossidazione	Degradazione biologica ad opera di microorganismi
Applicazione	Trattamento di emissioni con elevate concentrazioni di COV, trattamento finale di sostanze pericolose	Rimozione di inquinanti solubili in acqua a basse concentrazioni: NH_3, ammine, idrocarburi, H_2S, toluene, stirene, sosteanze osmogene
Limiti di applicazione	Flussi fino a 86.000 Nm^3/h Temperatura: 800-1.200 °C	Non idonei a flussi con caratteristiche discontinue Determinate condizioni ambientali (freddo, umidità, temperature elevate) possono condizionarne le prestazioni e danneggiarne i filtri NH_3 può causare problemi
Consumi	Combustibile nelle fasi di avvio Energia: 3-8 kWh/1000 Nm^3 Caduta di Pressione: 1-5 kPa	Acqua (scrubbing e filtri percolatori) Energia: < 1kWh/1.000 Nm^3 Agenti chimici (nutrienti, regolazione pH) Caduta di Pressione: 0.2-2 kPa
Effetti trasversali	CO e NO_x nelle emissioni	Smaltimento materiale filtrante Emissione sostanze osmogene (scrubbing, filtri percolatori)
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	COV 95-99	COV 75-99 Composti inorganici 80-95 Sostanze osmogene 70-95
Livelli di emissione raggiungibili (mg/Nm^3)	TOC 1-4	Dipendono dalla concentrazione in ingresso

Costi di investimento e gestione minimi (in migliaia di euro) dei più recenti sistemi di abbattimento dei COV

Portata = 20.000 m^3/h **COV = 400 mg/m^3** **Funzionamento = 24 h/die**	**Combustione catalitica**	**Adsorbimento su carboni attivi**	**Adsorb./desorb. su materiali attivi**	**Biofiltrazione**
Investimento	210-260	270-290	270-290	60-80
Gestione (costo annuo)	100-220	60-75	20-25	12-18

Fonte: Il compostaggio in Italia, a cura di S.Piccinini. Maggioli editore, marzo 2002

Limitazione delle emissioni liquide

Gli impianti devono essere dotati di un sistema di raccolta delle acque di scarico in cui sono distinte:
- la raccolta ed il trattamento delle acque di processo
- la raccolta ed il trattamento delle acque sanitarie
- la raccolta ed il trattamento delle acque di prima pioggia
- la raccolta ed il trattamento o il recupero delle acque meteoriche

In ogni caso deve essere valutata la possibilità di riutilizzo delle acque (ad esempio acque degli scrubber installati per la depolverazione a monte dei i filtri biologici).
Le **acque di lavaggio** delle aree di accumulo di rifiuti e le **acque di processo** (percolati) devono essere raccolte in un sistema fognario indipendente da quello delle acque meteoriche e inviate a depurazione in loco o ad opportuni serbatoi o vasche di stoccaggio temporaneo, provvisti di bacino di contenimento a norma di legge, per il successivo invio ad un impianto di depurazione centralizzato.
In queste acque sono da controllare i seguenti parametri di inquinamento, tipici delle acque di percolazione: Ammonica, As, Cloruri, BOD, COD, Metalli, Azoto totale, pH, Fosforo totale, Solidi sospesi. I trattamenti da adottare sono in relazione alla qualità delle acque.
Le **acque di prima pioggia** (corrispondenti ai primi 5 mm di precipitazione) cadenti sulle superfici coperte e sulle superfici scoperte e impermeabilizzate all'interno della recinzione dell'impianto devono essere raccolte in apposite vasche e inviate a depurazione dopo analisi del tipo di inquinanti contenuti.
Le acque provenienti dagli impianti sanitari devono essere inviate all'impianto di depurazione centralizzato o depurate in loco, nel rispetto della normativa vigente.

Alcuni accorgimenti gestionali da seguire sono :
- considerare la possibilità di trattamento in impianti centralizzati esistenti nel territorio dell'impianto, purché l'effluente sia compatibile con i limiti di accettabilità dell'impianto, non siano presenti nel percorso scolmatori di piena, lo scarico sia compatibile con il regime dei collettori fognari esistenti
- introdurre specifici controlli e misure per aumentare l'affidabilità dell'abbattimento negli impianti degli inquinanti
- introdurre un sistema di monitoraggio degli impianti e di registrazione dei dati
- avere un sistema automatico di raccolta delle acque di prima pioggia
- verificare periodicamente la tenuta delle impermabilizzazioni dei serbatoi, delle biocelle e biotunnel, la continuità dei pavimenti in cemento etc.

Prevenzione della produzione dei rifiuti

La prevenzione e la minimizzazione della produzione dei rifiuti è un principio generale dell'IPPC e della gerarchia della gestione dei rifiuti. Occorre tenere presente questa affermazione in particolare quando negli impianti di selezione si utilizzano come materia prima rifiuti che a loro volta producono scarti del trattamento, per la maggior parte rifiuti non recuperabili. Si deve limitare la quantità di questi rifiuti utilizzando tecniche di recupero ad alto rendimento e tenendo presente il punto di equilibrio fra qualità del prodotto selezionato e efficienza dell'impianto in quanto per ottenere piccoli incrementi di qualità si rischia di complicare l'impianto e aumentarne i consumi di energia e i costi di esercizio.
I principali tipi di rifiuti generati sono:
- *sottovaglio fine* del rifiuto indifferenziato (in genere <20 mm) costituito in gran parte da silice, con una certa percentuale di sostanza organica. Rappresenta un rifiuto speciale che può essere messo in discarica senza ulteriore trattamento
- *scarti* degli impianti costituiti da:

- impurezze separate nei flussi di raccolta differenziata a seguito delle operazioni di pulizia. La percentuale di queste materie estranee alla frazione raccolta, costituite per la massima parte da rifiuti indifferenziati, dipende dai metodi di raccolta; questi rifiuti possono essere gestiti con i rifiuti indifferenziati o allocati in discarica.
- materiali che appartengono alla stessa classificazione merceologica dei materiali selezionati (es. "plastica") ma diversi dalle componenti principali della frazione da avviare a recupero (es. PS dalla frazione plastica da cui si recuperano in massima parte PET e PE). Per questi rifiuti occorre valutare l'avvio a circuiti di valorizzazione anche energetica, in alternativa allo smaltimento in discarica.
- scarti da selezione aeraulica o da vagliatura (es. da produzione di CDR da bioessiccazione) su cui è possibile effettuare una selezione di metalli e di inerti.

- *polveri* da impianti di depolverazione; si tratta di polveri captate dai filtri a tessuto e provenienti dagli ambienti dove viene realizzata la selezione; generalmente non si tratta di rifiuti pericolosi, ma di rifiuti da caratterizzare al fine di individuare la migliore tecnica di recupero/smaltimento
- *fanghi* da impianti di depurazione (qualora il trattamento avvenga in loco), di cui si deve valutare la possibilità di recupero

La gestione dei rifiuti deve comunque conformarsi alle normative in vigore; è bene tenere presente che si deve identificare, caratterizzare e quantificare ciascun flusso di rifiuto che si genera nell'impianto e che deve essere rimosso dall'installazione. Individuare quindi il sistema di gestione di ogni tipo di rifiuto, indicando i possibili recuperi (o descrivendo perchè il recupero è tecnicamente impossibile), tenere in ordine i documenti che indicano come, dove, quando il rifiuto è stato recuperato o smaltito (registri di carico e scarico, formulari etc).

Limitazione della produzione dei rumori

E' necessario preliminarmente individuare le principali sorgenti di rumori e vibrazioni (comprese sorgenti casuali) e le più vicine posizioni sensibili al rumore. Al fine di limitare i rumori è necessario acquisire, per ogni sorgente principale di rumore, le seguenti informazioni :

- posizione della macchina nella planimetria dell'impianto
- funzionamento (continuo, intermittente, fisso o mobile)
- ore di funzionamento
- tipo di rumore
- contributo al rumore complessivo dell'ambiente

E' anche necessario eseguire campagne di misure e mappare i livelli di rumore nell'ambiente.
Dopo l'acquisizione di tutte le informazioni necessarie vanno individuati i provvedimenti da attuare.
Tutte le macchine devono essere messe a norma e devono essere dotate di sistemi di abbattimento dei rumori, in particolare i trituratori primari. I livelli sonori medi sulle 8 ore del turno lavorativo non devono superare gli 80 dB (A) misurate alla quota di 1,6 m dal suolo e a distanza di 1 m da ogni apparecchiatura.
Le macchine che superano i limiti previsti dalle norme devono essere insonorizzate. All'esterno dei capannoni devono essere verificati livelli di rumore inferiori a quelli ammessi dalla zonizzazione comunale, normalmente inferiori a 60 dB.

Limitazione delle infestazioni

La buona conduzione degli impianti rappresenta la prima condizione per la riduzione del pericolo di infestazioni da insetti e roditori. La gestione dell'impianto deve prevedere campagne di disinfezione e disinfestazione con frequenza adeguata all'incidenza dei casi riscontrata.
Possono essere previsti sistemi automatici di disinfezione e/o disinfestazione, nelle ore notturne, con irrorazione di prodotti abbattenti per insetti (mosche) in particolare sulle aree di ricezione e sulle

fosse rifiuti. Occorre comunque verificare che i prodotti usati non compromettano la qualità dei prodotti recuperati.
Possono essere, inoltre, usati dispositivi di cattura e distruzione degli insetti (di tipo a scarica elettrica o altri) usati secondo le norme di sicurezza.

E.5 Migliori tecniche e tecnologie per gli impianti di trattamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche

Rispetto alle piattaforme per il trattamento delle altre tipologie di flussi di rifiuti urbani, le piattaforme per le apparecchiature elettriche e elettroniche dismesse, a causa del loro contenuto in componenti e sostanze pericolose, richiedono una maggiore attenzione ai criteri di protezione ambientale che devono essere applicati sia dal punto di vista impiantistico che gestionale.
Di seguito vengono indicate le migliori tecniche ritenute le più idonee per gli impianti di trattamento delle diverse tipologie di R.A.E.E.

E.5.1 Principi generali

Le aree di localizzazione degli impianti devono essere scelte secondo criteri che privilegiano zone per insediamenti industriali ed artigianali, zone industriali o di servizi dismesse individuate dalle Regioni, in accordo ai requisiti di compatibilità ambientale e in base alla disponibilità di raccordi e/o scali ferroviari e di reti autostradali di scorrimento urbano con facilità di accesso da parte di carri ferroviari e automezzi pesanti. Il centro deve essere delimitato con idonea recinzione lungo tutto il suo perimetro. Norme di buona pratica ambientale suggeriscono la predisposizione di un'adeguata barriera esterna di protezione, in genere realizzata con siepi, alberature e schermi mobili, atti a minimizzare l'impatto visivo dell'impianto. Dovrebbe, inoltre, essere garantita la manutenzione nel tempo di detta barriera di protezione ambientale.
In generale un impianto di trattamento per R.A.E.E. deve essere opportunamente attrezzato per trattare lo specifico flusso di apparecchiature dismesse, identificare e gestire le componenti pericolose che devono essere rimosse preventivamente alla fase di trattamento.
L'impianto deve garantire la presenza di personale qualificato ed adeguatamente addestrato nel gestire gli specifici rifiuti evitando rilasci nell'ambiente nonché sulla sicurezza e sulle procedure di emergenza in caso di incidenti.
L'impianto deve prevedere procedure per monitorare, controllare e intervenire nel caso di rilasci di sostanze pericolose o altre emergenze (ad esempio incendi).
A chiusura dell'impianto deve essere previsto un piano di ripristino al fine di garantire la fruibilità del sito in coerenza con la destinazione urbanistica dell'area.
L'autorizzazione deve contenere la capacità di processo, in particolare per quanto riguarda i rifiuti pericolosi in modo da garantire che la capacità di stoccaggio non venga superata e i rischi per l'ambiente o per la salute siano minimizzati.

E.5.2 Organizzazione e dotazioni dell'impianto

Nell'impianto devono essere distinte le aree di stoccaggio dei rifiuti in ingresso da quelle utilizzate per lo stoccaggio dei rifiuti in uscita e dei materiali da avviare a recupero.
L'impianto deve essere organizzato in specifici settori corrispondenti, per quanto applicabile, alle rispettive fasi di trattamento:

a) Settore di conferimento e stoccaggio dei RAEE dismessi
b) Settore di messa in sicurezza
c) Settore di smontaggio dei pezzi riutilizzabili
d) Settore frantumazione delle carcasse
e) Settore stoccaggio delle componenti ambientalmente critiche
f) Settore di stoccaggio dei componenti e dei materiali recuperabili
g) Settore di stoccaggio dei rifiuti non recuperabili risultanti dalle operazioni di trattamento da destinarsi allo smaltimento.

L'impianto deve essere dotato di:
- bilance per misurare il peso dei rifiuti trattati;
- adeguato sistema di canalizzazione a difesa dalle acque meteoriche esterne;
- adeguato sistema di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche con separatore delle acque di prima pioggia, da avviare all'impianto di trattamento;
- adeguato sistema di raccolta dei reflui; in caso di stoccaggio di rifiuti che contengono sostanze oleose, deve essere garantita la presenza di decantatori e di detersivi-sgrassanti;
- superfici resistenti all'attacco chimico dei rifiuti;
- copertura resistente alle intemperie per le aree di conferimento, di messa in sicurezza, di stoccaggio delle componenti ambientalmente critiche e dei pezzi smontati e dei materiali destinati al recupero.

I settori di conferimento e stoccaggio dei RAEE dismessi, di messa in sicurezza e di stoccaggio delle componenti ambientalmente critiche devono essere provvisti di superfici impermeabili con una pendenza tale da convogliare gli eventuali liquidi in apposite canalette e in pozzetti di raccolta;
L'area di conferimento deve avere dimensioni tali da consentire un'agevole movimentazione dei mezzi e delle attrezzature in ingresso ed in uscita.
Gli impianti di trattamento di apparecchiature contenenti sostanze lesive dell'ozono stratosferico devono rispettare i requisiti previsti dal decreto ministeriale 20 settembre 2002, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana del 1 ottobre 2002, n. 230.

E.5.3 Modalità di gestione: criteri generali

Modalità di raccolta e conferimento
La raccolta delle R.A.E.E. da sottoporre ad operazioni di trattamento è una fase molto delicata e richiede, pertanto, qualche forma di protezione del bene dismesso durante il trasporto dello stesso fino al punto in cui dovrà essere trattato. La mancata protezione, infatti, può vanificare completamente l'operazione di recupero sia del componente - che può essere danneggiato da manovre non corrette - sia del materiale - che può essere perduto durante il trasporto (si pensi agli oli e ai CFC dei circuiti frigoriferi). Attualmente si valuta che circa il 35% dei frigoriferi domestici dismessi che giungono all'impianto di trattamento, vi pervengono senza più fluido frigorifero nel relativo circuito.
E', pertanto, opportuno prevedere raccomandazioni specifiche per le operazioni di conferimento ai centri di raccolta e di invio successivo a quelli di recupero.
I produttori delle apparecchiature devono fornire alle piattaforme adeguate informazioni che illustrino le misure da applicare per il trasporto e il conferimento.
In particolare, la raccolta dei RAEE, da sottoporre ad operazioni di trattamento, deve essere effettuata adottando criteri che garantiscano la protezione delle apparecchiature dismesse durante il trasporto.
Le apparecchiature non devono subire danneggiamenti che possano causare il rilascio di sostanze inquinanti o pericolose per l'ambiente o compromettere le successive operazioni di recupero.
Al fine di garantire che la movimentazione all'interno dell'impianto avvenga senza rischi di rottura dei circuiti frigoriferi o dei tubi catodici presenti nelle apparecchiature devono essere:
- scelte idonee apparecchiature di sollevamento escludendo l'impiego di apparecchiature tipo ragno
- rimosse eventuali sostanze residue
- assicurata la chiusura degli sportelli e fissate le parti mobili
- mantenuta l'integrità della tenuta nei confronti dei liquidi o dei gas contenuti nei circuiti.

Gestione dei rifiuti in ingresso
E' necessaria la conoscenza dello specifico flusso di rifiuti in ingresso, della composizione merceologica e chimica e delle caratteristiche fisiche (dimensioni, contenuto in sostanze e componenti pericolose, localizzazione delle sostanze e delle componenti pericolose, ecc).
Un rivelatore di radioattività in ingresso all'impianto dovrà consentire di individuare materiali radioattivi eventualmente presenti tra i rifiuti.
Per migliorare il controllo di qualità dei rifiuti in ingresso è importante acquisire informazioni dettagliate dai produttori sulle caratteristiche chimiche dei rifiuti da trattare, i diversi componenti e materiali delle AEE, in particolare per quanto attiene il contenuto di sostanze pericolose, nonché il punto in cui le sostanze e i preparati pericolosi si trovano nelle AEE.
I produttori dovrebbero predisporre veri e propri manuali per la messa in sicurezza dei componenti contenenti sostanze pericolose, schede tecniche per il disassemblaggio da mettere a disposizione degli impianti di trattamento, per facilitare la selezione dei componenti in materiale plastico, identificare componente per componente i materiali polimerici; dovrebbero, inoltre, fornire un elenco, per tipologia di apparecchiatura prodotta, dei componenti cui è attribuita una funzione di sicurezza.

Criteri per lo stoccaggio dei rifiuti
I rifiuti da recuperare devono essere stoccati separatamente dai rifiuti destinati allo smaltimento e da quelli destinati ad ulteriori operazioni di recupero da effettuarsi presso altri stabilimenti. Lo stoccaggio dei rifiuti e delle parti smontate deve essere realizzato in modo da non modificare le caratteristiche del rifiuto compromettendone il successivo recupero.
I recipienti fissi e mobili, comprese le vasche ed i bacini utilizzati per lo stoccaggio dei rifiuti devono possedere adeguati requisiti di resistenza in relazione alle proprietà chimico - fisiche ed alle caratteristiche di pericolosità dei rifiuti stessi.
I serbatoi contenenti i rifiuti liquidi pericolosi devono essere provvisti di opportuni dispositivi antitraboccamento, e di dispositivi di contenimento.
I contenitori dei fluidi volatili devono essere a tenuta stagna e mantenuti in condizioni di temperatura controllata.
Se lo stoccaggio dei rifiuti pericolosi avviene in recipienti mobili questi devono essere provvisti di:
- idonee chiusure per impedire la fuoriuscita del rifiuto stoccato;
- dispositivi atti ad effettuare in condizioni di sicurezza le operazioni di riempimento e svuotamento;
- mezzi di presa per rendere sicure ed agevoli le operazioni di movimentazione.

Sui recipienti fissi e mobili deve essere apposta idonea etichettatura con l'indicazione del rifiuto stoccato.
Lo stoccaggio del CFC e degli HCFC deve avvenire in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente.
Lo stoccaggio degli oli usati deve essere realizzato in conformità con quanto previsto dal D.Lgs. n.95/92 e sue modificazioni e dal DM 16 maggio 1996, n.392.
Lo stoccaggio di pile e condensatori contenenti PCB e di altri rifiuti contenenti sostanze pericolose o radioattive deve avvenire in container adeguati nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute.
La movimentazione e lo stoccaggio delle apparecchiature e dei rifiuti da esse derivanti deve avvenire in modo che sia evitata ogni contaminazione del suolo e dei corpi ricettori superficiali e/o profondi.
Devono essere adottate tutte le cautele per impedire la formazione degli odori e la dispersione di aerosol e di polveri.
Il settore di stoccaggio delle apparecchiature dismesse deve essere organizzato in aree distinte per ciascuna tipologia di apparecchiatura. Nel caso di apparecchiature contenenti sostanze pericolose, tali aree devono essere contrassegnate idonea cartellonistica, ben visibile per dimensioni e

collocazione, indicanti le norme per il comportamento, la manipolazione dei rifiuti, il contenimento dei rischi per la salute dell'uomo e per l'ambiente.
Nell'area di stoccaggio delle apparecchiature dismesse si devono adottare procedure per evitare di accatastare le apparecchiature senza opportune misure di sicurezza per gli operatori e per l'integrità delle stesse apparecchiature.

Il ciclo di gestione dei R.A.E.E.
Il ciclo di gestione dei R.A.E.E. comprende le seguenti attività: pretrattamento e messa in sicurezza, smontaggio di parti e componenti ai fini del reimpiego, recupero di materiali ed energia, smaltimento dei rifiuti non recuperabili. E' opportuno che le operazioni di trattamento (pretrattamento e messa in sicurezza, smontaggio, frantumazione e selezione dei materiali recuperabili) avvengano in un locale chiuso.

1. Pretrattamento e messa in sicurezza dei R.A.E.E.
L'attività consiste nel complesso delle operazioni necessarie a rendere l'apparecchiatura ambientalmente sicura e pronta per le operazioni successive.
Il pretrattamento è finalizzato a:
- la separazione parti mobili;
- il recupero sostanze/materiali/parti pericolose (ad esempio CFC dai circuiti, dall'olio, condensatori, tubi catodici)
- la preparazione per le fasi di smontaggio.

La messa in sicurezza deve comprendere, preventivamente, la rimozione di tutti i fluidi e delle seguenti sostanze, preparati e componenti:
- Condensatori contenenti difenili policlorurati (PCB),
- Componenti contenenti mercurio, come gli interruttori o i retroilluminatori
- Pile
- Circuiti stampati dei telefoni mobili in generale e di altri dispositivi se la superficie del circuito stampato è superiore a 10 cm^2
- Cartucce di toner, liquido e in polvere, e di toner di colore
- Plastica contenente ritardanti di fiamma bromurati
- Rifiuti di amianto e componenti che contengono amianto
- Tubi catodici
- Clorofluorocarburi (CFC), idroclorofluorocarburi (HCFC), idrofluorocarburi (HFC) o idrocarburi (HC)
- Lampade a scarica
- Schermi a cristalli liquidi (se del caso con il rivestimento) di superficie superiore a 100 cm^2 e tutti quelli retroilluminati mediante lampade a scarica
- Cavi elettrici esterni
- Componenti contenenti fibre ceramiche refrattarie descritte nella direttiva 97/69/CE della Commissione, del 5 dicembre 1997, recante adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE del Consiglio relativa alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose
- Componenti contenenti sostanze radioattive, fatta eccezione per i componenti che sono al di sotto delle soglie di esenzione previste dall'articolo 3 e dall'allegato I della direttiva 96/29/Euratom del Consiglio, del 13 maggio 1996, che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti
- Condensatori elettrolitici contenenti sostanze potenzialmente pericolose (altezza > 25mm, diametro > 25 mm o proporzionalmente simili in volume)

Nell'eseguire le operazioni di messa in sicurezza si deve avere presente come trattare i seguenti materiali:

- **Sostanze che riducono l'ozono (ODS):** Dal 1° gennaio 2002 è obbligatorio recuperare tutti gli ODS utilizzati nelle apparecchiature domestiche di refrigerazione (durante interventi di assistenza e manutenzione delle apparecchiature, oppure prima di smontarle o smaltirle) al fine di consentire l'utilizzo di una tecnologia sicura ed ecologica o, meglio ancora, riciclati.
  I gas refrigeranti CFC si trovano nei circuiti di raffreddamento di frigoriferi, congelatori, condizionatori d'aria, raffreddatori d'acqua, pompe di calore e deumidificatori. I CFC sono presenti anche nella schiuma isolante dei pannelli di frigoriferi e congelatori, negli imballaggi, negli aerosol e negli agenti sgrassanti.
  I principali obiettivi di tutti i programmi per la raccolta e il trattamento delle apparecchiature refrigeranti di scarto devono essere il recupero senza alcuna perdita e la conseguente distruzione dei CFC. A tale scopo, è fondamentale eseguire le giuste operazioni di raccolta e stoccaggio prima che le apparecchiature vengano sottoposte alle effettive operazioni di riciclaggio, così come descritto nel paragrafo E.6.5.
  Nei congelatori e nei frigoriferi domestici, di norma, i CFC provengono essenzialmente da due fonti. Circa 150 g di CFC (vale a dire quasi 1/3 del contenuto totale di CFC) si trovano nel circuito di raffreddamento, mentre 300–400 g di CFC (2/3 del totale) sono racchiusi nella schiuma di poliuretano utilizzata per isolare termicamente l'unità. Il riciclaggio completo dell'apparecchiatura comporta necessariamente il trattamento sia del circuito di raffreddamento che della schiuma isolante. L'applicazione delle rigorose norme sulle operazioni di recupero degli ODS è fondamentale per la riuscita dell'attività: le norme richiedono operatori qualificati, rintracciabilità dei risultati, soluzioni specifiche laddove possibile.
- **Prodotti contenenti Bifenili Policlorurati (pcb) e metalli pesanti**
  Il problema principale, nei prodotti costituiti in prevalenza da metalli, consiste nel separare i metalli preziosi dalle sostanze pericolose quali i PCB (bifenili policlorurati) e i metalli pesanti. Alcune apparecchiature presentano componenti, elettrici come ad esempio i condensatori, che contengono PCB. E' il caso di frigoriferi, congelatori, lavatrici, forni a microonde, televisori, unità di riscaldamento e raffreddamento, apparecchiature elettroniche. La frantumazione di tali prodotti può generare rifiuti contaminati da PCB. I condensatori, vanno, pertanto, preventivamente smontati; durante lo smontaggio vi è il rischio di scosse elettriche, nonché di cauterizzazione se le sostanze liquide dei PCB entrano a contatto con la pelle o con altri organi. Inoltre, il processo di separazione dei metalli produce polvere metallica fine - contenente oro, alluminio, rame e ferro – che può mettere a rischio la salute degli operatori. Le operazioni vanno, quindi, effettuate da personale specializzato appositamente addestrato.
- **Tubi catodici (CTR)**
  Il vetro frontale dei tubi catodici contiene metalli pesanti quali bario, stronzio, zirconio, mentre nella parte a imbuto vi è una forte presenza di piombo; le parti vanno, quindi, separate e sottoposte a trattamento specifico. Il tubo fluorescente deve essere rimosso in speciali condizioni igieniche per evitare ogni contatto con la pelle, mentre si manipola il bario occorre evitare l'inalazione della polvere. E' necessario rimuovere il rivestimento fluorescente nonché il mercurio delle lampade a scarica.
  La manipolazione dei CRT può causare rischi di implosione. Pertanto, è necessario proteggere volto e collo, coprire mani e arterie con guanti speciali, proteggere stomaco e fianchi con un grembiule pesante, indossare stivali stabili.
- **Plastiche contenenti ritardanti di fiamma bromurati**
  Garantiscono una protezione antincendio delle apparecchiature e vengono usati essenzialmente nei circuiti stampati o in componenti quali connettori, coperture di plastica e

cavi (di televisori ed elettrodomestici per la cucina, ad esempio). Lo smaltimento di questi materiali deve essere adeguato alla loro composizione.

2. Smontaggio di parti e componenti per il loro reimpiego
Lo smontaggio rappresenta il complesso delle operazioni di disassemblaggio dell'apparecchiatura in parti elementari; tale fase consente il recupero di interi sistemi/componenti che possono essere riutilizzati.
L'operazione può essere effettuata manualmente, meccanicamente o con una combinazione dei due metodi.
La fase di smontaggio richiede una definizione attenta di procedure al fine di garantire la possibilità sia dell'utilizzo di componenti come ricambi sia il recupero dei componenti laddove sia verificata la fattibilità tecnico economica dell'operazione.
Nella rimozione di componenti o materiali contenenti sostanze pericolose devono essere adottate tutte le cautele per impedire contaminazioni ambientali e rischio per gli operatori.
Al fine di garantire elevati livelli di recupero di componenti e materiali ed il trattamento corretto di quelli pericolosi, i produttori di apparecchiature elettriche ed elettroniche devono mettere a disposizione dei centri di trattamento tutte la informazioni necessarie ad effettuare in maniera ottimale lo smontaggio.
E', inoltre, necessario evitare l'effettuazione di operazioni preliminari di smontaggio parziale, in quanto potrebbero risultare controproducenti per il corretto svolgimento delle fasi successive.
L'operazione di recupero del componente richiede, inoltre, molta esperienza da parte dell'operatore che deve essere stato appositamente addestrato per tale attività.
Ai fini del recupero, è necessario effettuare un test di qualificazione del componente in funzione dell'impiego previsto e in accordo al relativo livello di qualità richiesto. Ove esistenti è raccomandabile attenersi gli standard forniti dai produttori.
Le suddette operazioni devono consentire la costituzione di una forma di garanzia sulla durata di vita residua per il componente recuperato.

E.5.3.1 Limitazione delle emissioni
Gli impianti di trattamento dei R.A.E.E. devono essere gestiti in modo tale da evitare ogni contaminazione del suolo e dei corpi ricettori superficiali e/o profondi. Devono essere adottate tutte le cautele per impedire il rilascio di fluidi pericolosi, la formazione degli odori e la dispersione di aerosol e di polveri; nel caso di formazione di emissioni gassose e/o polveri l'impianto, deve essere fornito di idoneo sistema di captazione ed abbattimento delle stesse.
Non si devono, inoltre, produrre condizioni dannose alla salute negli ambienti di lavoro

Limitazione delle emissioni liquide
Al fine di limitare le emissioni liquide, l'impianto, così come descritto al punto E.6.2, deve essere dotato di:
- adeguato sistema di canalizzazione a difesa dalle acque meteoriche esterne;
- adeguato sistema di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche con separatore delle acque di prima pioggia, da avviare all'impianto di trattamento;
- sostanze adsorbenti appositamente stoccate nella zona adibita ai servizi dell'impianto da utilizzare in caso di perdite accidentali di liquidi dalle aree di conferimento, stoccaggio, trattamento; in caso di trattamento di R.A.E.E. contenenti sostanze oleose deve essere garantita la presenza di detersivi-sgrassanti.

Le acque di lavaggio delle aree di accumulo di rifiuti devono essere raccolte in un sistema fognario indipendente da quello delle acque meteoriche e inviate a depurazione in loco o a opportuni serbatoi o vasche di stoccaggio provvisorio, provvisti di bacino di contenimento a norma di legge, per il successivo invio ad un impianto di depurazione centralizzato.

I trattamenti da adottare devono essere individuati in relazione alle caratteristiche qualitative dei reflui.
Le acque di prima pioggia (corrispondenti ai primi 5 mm di precipitazione) cadenti sulle superfici coperte e sulle superfici scoperte e impermeabilizzate all'interno della recinzione dell'impianto devono essere raccolte in apposite vasche e inviate a depurazione dopo l'analisi degli inquinanti contenuti.
Le acque provenienti dai servizi sanitari devono essere inviate all'impianto di depurazione centralizzato o depurate in loco, nel rispetto della normativa vigente.

Limitazione delle emissioni di polveri
Le emissioni di polveri sono prodotte dalle attività di demolizione e frantumazione delle carcasse bonificate e dal trattamento di messa in sicurezza di alcune specifiche tipologie di R.A.E.E. (ad es. tubi catodici). Al fine di limitare tali emissioni devono essere previsti:
- ricambi d'aria degli ambienti chiusi in cui si svolgono le operazioni di trattamento
- sistemi di aspirazione concentrata (cappe collocate su salti nastro, tramogge di carico e scarico, vagli, copertura con appositi carter di macchine e nastri, ecc)

Deve essere, inoltre, assicurato un numero di ricambi d'aria adeguato alla intensità delle emissioni ed alla presenza di operatori all'interno del capannone, variabile da 1 a 4.
L'aria aspirata con entrambi i sistemi deve essere trattata con filtri a tessuto aventi caratteristiche tali da assicurare un'efficienza di abbattimento pari ad almeno il 98% delle emissioni in ingresso; in ogni modo devono essere definiti:
- tipo di tessuto (polipropilene o feltro poliestere)
- max velocità di attraversamento

Va, inoltre, prevista:
- la pulizia automatica delle maniche
- l'evacuazione delle polveri tramite contenitori a tenuta
- la caratterizzazione delle polveri raccolte al fine di individuare le modalità di smaltimento più adeguate.

I liquidi usati negli scrubbers devono essere monitorati per assicurare il corretto funzionamento (pH, concentrazioni, ricambio dei reagenti, etc).

Limitazione delle emissioni di sostanze lesive dell'ozono stratosferico
Gli impianti devono essere costruiti e gestiti in modo che, nelle fasi di triturazione delle apparecchiature fuori uso, le emissioni non superino in tutte le condizioni di esercizio i seguenti valori di emissione (riferiti al volume di effluente gassoso secco rapportato alle condizioni normali di 273 K e 101.3 k Pa):
a) 25 g/h CFC e HCFC;
b) 5 mg/Nm3 per le polveri;
c) 100 mg/Nm3 per il pentano (dove applicabile).

Limitazione della produzione dei rumori
E' necessario preliminarmente individuare le principali sorgenti di rumori e vibrazioni (comprese sorgenti casuali) e le più vicine posizioni sensibili al rumore. Al fine di limitare i rumori è necessario acquisire, per ogni sorgente principale di rumore, le seguenti informazioni :
- posizione della macchina nella planimetria dell'impianto
- funzionamento (continuo, intermittente, fisso o mobile)
- ore di funzionamento
- tipo di rumore

- contributo al rumore complessivo dell'ambiente

Dopo l'acquisizione, attraverso opportune campagne di misura, di tutte le informazioni, necessarie a determinare il livelli di rumore, vanno individuati i provvedimenti da attuare. Tutte le macchine devono essere messe a norma e devono essere dotate di sistemi di abbattimento dei rumori, in particolare i trituratori primari. I livelli sonori medi sulle 8 ore del turno lavorativo non devono superare gli 80 dB (A) misurate alla quota di 1,6 m dal suolo e a distanza di 1 m da ogni apparecchiatura.
Le macchine che superano i limiti previsti dalle norme devono essere insonorizzate. All'esterno dei capannoni devono essere verificati livelli di rumore inferiori a quelli ammessi dalla zonizzazione comunale, normalmente inferiori a 60 dB.

Limitazione della produzione dei rifiuti

Gli impianti di trattamento R.A.E.E. producono a loro volta scarti del trattamento, per la maggior parte rappresentati da rifiuti non recuperabili. Occorre limitare la quantità di questi rifiuti, tenendo presente che occorre trovare un punto di equilibrio tra la necessità di ottenere materiali rispondenti a specifici standard di qualità più facilmente allocabili sul mercato e l'efficienza dell'impianto in termini di rendimento di separazione e di recupero. Va evidenziato che piccoli incrementi di qualità dei materiali possono richiedere l'utilizzo di apparecchiature più complesse, aumentando i costi di trattamento ed i consumi di energia .
La frazione di rifiuto derivante dal trattamento dei R.A.E.E. da avviare a smaltimento deve essere ridotta al minimo tecnicamente fattibile (generalmente è possibile ottenere frazioni inferiori al 10% in peso). Il rifiuto, se contenente sostanze pericolose, deve essere inertizzato mediante trattamenti adeguati; questi, fra l'altro, possono determinare un aumento in peso e/o in volume. I rifiuti prodotti dalle attività di messa in sicurezza e trattamento devono essere avviati a trattamento secondo le disposizioni previste dalla normativa vigente.
Di norma, si deve privilegiare l'adozione di trattamenti e/o condizioni operative che favoriscano il possibile recupero dei residui. Ove possibile, bisogna prevedere l'installazione di sistemi di trattamento in loco (integrati o meno nel processo principale) dei residui ai fini del loro recupero e/o smaltimento.

E.5.4 Trattamento di specifiche tipologie di apparecchiature elettriche ed elettroniche: requisiti minimi

E.5.4.1 Trattamento dei televisori e monitors

Le operazioni per la **messa in sicurezza** delle apparecchiature consistono in:
- rimozione carcassa;
- rottura del tubo catodico;
- separazione tubo catodico e colletto induttivo.

E' di fondamentale importanza che i tubi catodici vengano estratti in modo controllato, al fine di evitare rotture premature e che, successivamente, la rottura degli stessi avvenga in simultanea al recupero delle polveri pericolose mediante impiego di tecnologie che assicurino che le concentrazioni di metalli pesanti residuali nell'atmosfera del tubo non superino i 10 ppm. Infine, tutte le componenti ambientalmente critiche, in quanto contenenti sostanze pericolose, devono essere avviate al relativo settore di stoccaggio.

Le operazioni ai fini del reimpiego di materiali e componenti consistono in:
- separazione piastre;
- separazione cavetteria
- separazione telaio;
- cernita e collaudo dei componenti recuperabili.

Secondo il D.Lgs.151/2005, entro il 31 dicembre 2006 l'obiettivo minimo di reimpiego e riciclaggio di componenti, materiali e sostanze, deve essere pari al 65 % in peso medio per apparecchio.

Le operazioni finalizzate al recupero di materiali ed energia attengono a:
- frantumazione piastre;
- separazione metalli ferrosi e non ferrosi;
- separazione plastiche;
- separazione legno;
- trattamento tubo catodico per bonifica vetri e recupero polveri contenenti sostanze pericolose;
- separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile;
- separazione materiali non recuperabili;
- recupero energia in loco o presso altri impianti.

Le operazioni di smaltimento interessano solo accumulatori non recuperabili, polveri tossiche (da tubo catodico) e altre frazioni non recuperabili.
Nella tabella seguente è riportato l'attuale bilancio di massa per il recupero di televisori e monitors e gli obiettivi futuri.

Tabella 11: Bilancio di massa per recupero televisori e monitors

		% in peso	Obiettivi D.Lgs.151/2005
COMPOSIZIONE			
	Metalli ferrosi	8	
	Alluminio	1	
	Rame	4	
	Plastiche	16	
	Vetro	65	
	Assemblaggi elettronici	3	
	Altro	3	
	Totale	**100**	
RECUPERO TEORICO	di materiale	78	
	di energia	16	
	Totale	**94**	75*
REIMPIEGO E RICICLAGGIO			65*

* % in peso medio per apparecchio

E.5.4.2 Trattamento dei computers (eccetto il monitor)

Le operazioni di **messa in sicurezza** consistono in:
- rimozione carcassa;
- rimozione condensatori con PCB (eventuali);
- rimozione relè a mercurio.

Le operazioni finalizzate al **reimpiego di componenti e materiali** sono:
- separazione piastre;
- separazione cavetteria;
- separazione telaio;
- cernita e collaudo dei componenti da piastre (circuiti integrati).

Secondo il D.Lgs. 151/05 entro il 31 dicembre 2006 l'obiettivo minimo di reimpiego e riciclaggio di componenti, materiali e sostanze, deve essere pari al 65 % in peso medio per apparecchio.

Le operazioni atte al recupero di materiali ed energia attengono a:

- macinazione schede;
- separazione metalli ferrosi da ceneri;
- separazioni metalli non ferrosi da ceneri;
- separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile;
- separazione materiali non recuperabili;
- separazione soluzioni acide;
- recupero energia in loco o presso altri impianti.

Le operazioni di smaltimento deve interessare solo accumulatori non recuperabili, interruttori a mercurio, soluzioni di trattamento e altre frazioni non recuperabili.
Nella tabella che segue è riportato l'attuale bilancio di massa per il recupero di personal computer e gli obiettivi futuri. Si ricorda che gli obiettivi della direttiva sui R.A.E.E. attengono allo smaltimento dei computer inclusi i monitor.

Tabella 12: Bilancio di massa per recupero computer (eccetto i monitor)

		% in peso	Obiettivi D.Lgs.151/05
COMPOSIZIONE			
	Metalli ferrosi	29	
	Alluminio	6	
	Rame	2	
	Metalli non ferrosi	5	
	Gomme	1	
	Materiale ceramico	1	
	Plastiche	40	
	Assemblaggi elettronici	5	
	Altro	11	
	Totale	**100**	
RECUPERO TEORICO	di materiale	53	
	di energia	39	
	Totale	**92**	75*
REIMPIEGO E RICICLAGGIO			65*

*Per apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni, ivi inclusi anche i monitors dei PC.

E.5.4.3 Trattamento di lavatrici e lavastoviglie

Le operazioni di **messa in sicurezza** attengono alla separazione di parti mobili e di eventuali condensatori con PCB. Tutte le componenti ambientalmente critiche dovranno essere avviate al relativo settore di stoccaggio.
Ai fini del reimpiego di componenti e materiali sarà necessario:

- separare cavi e parti in PVC;
- separare le parti elettriche;
- separare pompe e motori;
- separare il cestello;
- separare il contrappeso in cemento;
- controllare e collaudare i componenti recuperabili (motore, contrappeso, pompa, timer, componenti da piastre).

Secondo il D.Lgs. 151/05 entro il 31 dicembre 2006 l'obiettivo minimo di reimpiego e riciclaggio di componenti, materiali e sostanze, è pari al 75 % in peso medio per apparecchio.

Le operazioni finalizzate del recupero attengono a:
- frantumazione della carcassa;
- separazione di metalli ferrosi e non ferrosi;
- separazione plastiche;
- separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile;
- separazione materiali non recuperabili;
- recupero di energia in loco o presso altri impianti.

Lo stoccaggio dei composti organoalogenati deve avvenire in appositi contenitori protetti dai raggi solari ed in grado di garantire la corretta conservazione dei rifiuti.
Le operazioni di smaltimento devono interessare solo i condensatori con eventuali PCB e altre frazioni non recuperabili.
Nelle tabelle seguenti sono riportati i bilanci di massa relative rispettivamente al recupero di lavatrici e lavastoviglie.

Tabella 13: Bilancio di massa per recupero lavatrici

		% in peso	Obiettivi D.Lgs.151/05
COMPOSIZIONE			
	Acciaio	7	
	Acciaio	28	
	Acciaio inox	10	
	Ghisa	11	
	Alluminio	3	
	Rame	1	
	Plastica	5	
	Gomma	3	
	Vetro	2	
	Legno e	4	
	Calcestruzzo	22*	
	Altro	4	
	Totale	**100**	
RECUPERO TEORICO	di materiale	84	
	di energia	12	
	Totale	**96**	80
REIMPIEGO E RICICLAGGIO			75

(*) Recuperabilità del contrappeso da valutare caso per caso.

Tabella 14: Bilancio di massa per recupero lavastoviglie

		% in peso	Obiettivi D.Lgs.151/05
COMPOSIZIONE			
	Acciaio	28	
	Acciaio zincato	17	
	Acciaio inox	17	
	Catrame	12	
	Rame	2	
	Plastica	12	

		% in peso	Obiettivi D.Lgs.151/05
	Gomma	2	
	Legno e plastica	6	
	Altro	4	
	Totale	**100**	
RECUPERO TEORICO			
	di materiale	70	
	di energia	25	
	Totale	**95**	80
REIMPIEGO E RICICLAGGIO			75

E.5.5 Requisiti minimi per le operazioni di trattamento di apparecchiature dismesse contenenti sostanze lesive dell'ozono stratosferico

Le apparecchiature dimesse contenenti sostanze lesive dell'ozono stratosferico (frigoriferi, congelatori, surgelatori, condizionatori d'aria e pompe di calore contenenti sostanze lesive nel circuito frigorifero ovvero nelle schiume poliuretaniche isolanti, classificati come rifiuti pericolosi mediante i codici 16 02 11* e 20 01 23*) devono essere sottoposte a specifiche operazioni di trattamento.
Di seguito vengono indicate le tecniche ritenute più idonee per il loro trattamento ai fini della prevenzione delle emissioni in atmosfera delle sostanze lesive.

Principi generali
L'obiettivo principale di un sistema di raccolta e trattamento di apparecchiature contenenti sostanze lesive dell'ozono stratosferico deve essere l'assenza di perdite e il successivo smaltimento dei CFC e delle altre sostanze che danneggiano l'ozono stratosferico elencate nel Regolamento (CE) n. 2037/2000.
Nei congelatori e nei frigoriferi domestici i CFC sono contenuti nel circuito di raffreddamento (150g circa 1/3 del totale) e nelle schiume poliuretaniche (300-400 g , circa 2/3 del totale) .
Gli impianti devono essere costruiti e gestiti in modo che, nelle fasi di triturazione delle apparecchiature fuori uso, le emissioni non superino in tutte le condizioni di esercizio dell'impianto i seguenti valori di emissione (riferiti al volume di effluente gassoso secco rapportato alle condizioni normali di 273 K e 101.3 k Pa):

d) 25 g/h CFC e HCFC;
e) 5 mg/Nm^3 per le polveri;
f) 100 mg/Nm^3 per il pentano (dove applicabile).

Il contenuto residuo di sostanze lesive nelle schiume poliuretaniche degasate dopo il trattamento deve essere inferiore o uguale allo 0,5% in peso delle stesse schiume.
Per la verifica dei valori di emissione devono essere utilizzati i metodi di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni fissati della parte V del D.Lgs 152/2006. Gli impianti devono essere dotati di apposita strumentazione che effettua il campionamento e l'analisi in continuo delle sostanze lesive emesse. Per gli altri inquinanti i controlli devono avvenire con frequenza giornaliera.
Per l'analisi delle sostanze lesive contenute nelle schiume degasate può essere utilizzato il metodo IRSA-CNR: "Metodi analitici per i fanghi (64) - Vol. 3 parametri chimico fisici" del 1990, concordato con l'autorità competente per i controlli.

Dotazioni minime dell'impianto

L'impianto per il recupero delle sostanze lesive dalle apparecchiature fuori uso è composto da:

1. una o più linee di estrazione delle sostanze lesive dai circuiti frigoriferi;
2. impianto di triturazione in ambiente controllato delle schiume poliuretaniche isolanti contenute nelle apparecchiature fuori uso;
3. strumentazione per il monitoraggio in continuo delle emissioni in atmosfera delle sostanze lesive;
4. aree di stoccaggio dei fluidi refrigeranti e dei gas espandenti recuperati dalle apparecchiature fuori uso.

Modalità di raccolta e conferimento

Le procedure di raccolta e trasporto devono garantire una effettiva protezione delle apparecchiature in modo che queste non subiscano danni tali da impedire o rendere più difficoltose le successive fasi di trattamento e recupero o tali da causare perdite o fughe di sostanze pericolose nell'ambiente.
In particolare, devono essere prese misure adeguate per evitare danni al circuito di raffreddamento.
Durante le operazioni di carico e scarico le apparecchiature non devono subire traumi, devono essere trasportate in posizione verticale e non devono essere appoggiate sul lato del circuito refrigerante.
Devono comunque essere previsti sistemi per raccogliere eventuali sversamenti ed agenti chimici leganti per assorbire le perdite liquide.

Controllo qualità dei rifiuti in ingresso

Per controllare le apparecchiature che sono state conferite per il trattamento deve essere tenuto un registro in cui deve essere annotato il numero di apparecchiature ricevute per tipologia, il tipo di refrigerante e il tipo di isolante utilizzato. Le apparecchiature devono essere ispezionate per verificare l'assenza di danni. Nel caso in cui vengano riscontrati danni evidenti il tipo di danno e la sua estensione deve essere registrata.

Messa in sicurezza

Le operazioni di messa in sicurezza delle apparecchiature fuori uso devono essere effettuate in aree attrezzate e riguardano principalmente l'asportazione degli elementi ambientalmente critici presenti in esse, nonché la rimozione delle parti asportabili al fine di assicurare elevati livelli di recupero dei materiali.
Le operazioni per la messa in sicurezza per frigoriferi e congelatori consistono in:

- separazione parti mobili;
- estrazione dei fluidi frigoriferi contenuti nel circuito di refrigerazione;
- recupero e degasaggio dell'olio lubrificante dal compressore;
- stoccaggio dei CFC e degli oli;
- rimozione di eventuali interruttori a mercurio;
- rimozione di eventuali parti cromate.

Le operazioni per la messa in sicurezza per i condizionatori delle apparecchiature consistono in:

- separazione parti mobili e filtri;
- recupero CFC refrigeranti;
- recupero e degasaggio dell'olio lubrificante dal compressore;
- stoccaggio dei CFC e degli oli;
- rimozione di eventuali condensatori con PCB;

L'estrazione delle sostanze lesive dai circuiti frigoriferi deve essere effettuata nell'ambito delle operazioni di messa in sicurezza delle apparecchiature fuori uso.

Estrazione e trattamento dei circuiti di raffreddamento

Il fluido del circuito di raffreddamento deve essere estratto prima che le schiume isolanti siano sottoposte a trattamento. I requisiti di trattamento sono di seguito riportati. L'impianto di estrazione a vuoto dei CFC deve essere attrezzato con sistemi di sicurezza finalizzati ad evitare perdite di oli e i liquidi refrigeranti, o qualsiasi altro liquido pericoloso.

Gli impianti di recupero mobili devono operare su aree rinforzate, impermeabili e resistenti all'attacco chimico.

I CFC e l'olio refrigerante devono essere estratti insieme con appropriate tecnologie e senza perdite.

L'olio refrigerante contaminato da CFC deve essere trattato in un impianto di degasaggio per oli. Il refrigerante e l'olio refrigerante devono essere stoccati separatamente.

Per l'adeguata evacuazione del circuito di raffreddamento deve essere utilizzata un'idonea tecnica che utilizzi sistemi di controllo integrati, quali ad es. manometri.

Il tempo di estrazione cioè quello tra la caduta di pressione iniziale nel circuito di raffreddamento e la rimozione finale dello strumento di evacuazione, deve essere sufficientemente lungo per garantire che il contenuto del circuito sia completamente estratto.

L' impianto deve essere provvisto di attrezzatura per la misura della quantità di CFC recuperata e del numero di apparecchiature trattate.

Dovrebbe essere fissata, inoltre, una soglia minima di recupero da ciascuna apparecchiatura; tale soglia minima deve essere verificata con la seguente procedura: i circuiti refrigeranti di un lotto di 1.000 apparecchiature intatte devono essere completamente drenati. I cilindri di gas usati per stoccare i CFC recuperati devono essere pesati prima e dopo il loro riempimento, il peso del CFC R12 recuperato in kg deve essere, quindi, diviso per il numero delle apparecchiature.

Il test deve essere eseguito periodicamente da un ente o un soggetto qualificato ed autorizzato. Il contenuto residuo di CFC /HCFC nell'olio refrigerante deve essere determinato annualmente da un ente o un soggetto qualificato ed autorizzato e dovrebbe risultare pari a meno dello 0,1% in peso.

Verifica dell'estrazione dei CFC delle schiume isolanti

La quantità di CFC R11 recuperato dal materiale di isolamento di poliuretano di frigoriferi e congelatori deve corrispondere alla quantità media inviata nello stesso periodo all'impianto di smaltimento autorizzato.

Dovrebbe essere fissata una soglia minima di recupero verificata con la seguente procedura: annualmente deve essere selezionato un lotto di 1.000 apparecchiature consententi schiume poliuretaniche al CFC, così composto: 600 frigoriferi domestici (da 180 litri) 250 frigo-congelatori domestici (da 180° 350 litri) e 150 congelatori (350-500 litri). Il test deve essere condotto sull'impianto alla presenza del tecnico responsabile. Le apparecchiature trattate per il recupero delle schiume e il peso del CFC recuperato in kg deve essere diviso per il numero delle apparecchiature.

Il test deve essere eseguito da un ente o un soggetto qualificato ed autorizzato.

Standard di processo da raggiungere:

- quantità residua di CFC R11 nelle schiume poliuretaniche degasate < 0,2% in peso[4] (0,5% DM 20/9/02)

---

4 Determinazione del CFC residuo nelle schiume degassificate

Metodo FT-IR

Un quantità nota di schiume in polvere sono riscaldate in cella a 25°C/minuto fino ad una temperatura di 140 °C per effettuare un desorbimento completo dei CFC dalla polvere. La concentrazione di CFC R11 è quindi determinata con la spettroscopia all'infrarosso.

Standard DIN 51727

Misurazione della quantità residua di CFC R11 nelle schiume poliurtaniche degassificate secondo il par.5 metodo B della norma DIN 51727 seguito da determinazione con cromatografia ionica dei fluoruri secondo la norma EN ISO 10304-1 o determinazione del contenuto di fluoruro a mezzo di elettrodi a ioni selettivi.

- quantità residua di CFC R11 nei reflui dell'impianto < 10 mg/litro
- concentrazione massima ammissibile di CFC nell'aria esausta >20mg/m^3
- flusso di massa massimo ammissibile di CFC nell'aria esausta > 5 g CFC R11/ora (misurazione in continuo necessaria)

Tutti i principali parametri relativi alla gestione dell'impianto e al recupero di materiali devono essere stabiliti e verificati da un ente o un soggetto qualificato ed autorizzato.
Una volta recuperati i CFC e gli HCFC devono essere avviati a distruzione in impianti autorizzati allo scopo.
Quando i CFC e tutte le sostanze pericolose sono state rimosse dalle apparecchiature i restanti materiali devono essere riciclati (poliuretano, metalli ferrosi, rame, alluminio, plastica, vetro, cavi, compressori, interruttori al mercurio ecc.). I rifiuti devono essere smaltiti nel rispetto della normativa vigente.

Stoccaggio delle componenti
I rifiuti solidi provenienti dalle operazioni di messa in sicurezza delle apparecchiature devono essere stoccati in apposite vasche o cassoni con adeguati requisiti di resistenza in relazione alle proprietà chimico-fisiche ed alle caratteristiche di pericolosità del rifiuto. Le vasche devono essere attrezzate con coperture atte ad evitare che le acque meteoriche vengano a contatto con i rifiuti ed essere provviste di sistemi in grado di evidenziare e contenere eventuali perdite.
Deve, inoltre, essere garantita la riduzione della contaminazione del suolo e dell'acqua a causa di sversamenti di rilevante entità o da incidenti che comportano una perdita del contenuto dei serbatoi.
I fluidi volatili devono essere stoccati in contenitori (bombole o bomboloni) a tenuta stagna in condizioni di temperatura controllata. Lo stoccaggio dei CFC e HCFC deve avvenire in appositi contenitori (bombole o bomboloni di varia capienza) protetti dai raggi solari ed in grado di garantire la corretta conservazione dei rifiuti. Le diverse tipologie di gas aspirati non devono essere miscelati in un unico contenitore.

Se lo stoccaggio dei rifiuti pericolosi avviene in recipienti mobili questi devono essere provvisti di:
- idonee chiusure per impedire la fuoriuscita del rifiuto stoccato;
- dispositivi atti ad effettuare, in condizioni di sicurezza, le operazioni di riempimento e svuotamento;
- mezzi di presa per rendere sicure ed agevoli le operazioni di movimentazione.

I CFC, gli interruttori a mercurio, i condensatori con eventuali PCB (condizionatori) ed altre frazioni non recuperabili devono essere avviate ad adeguato smaltimento conformemente alle norme vigenti.
Per i CFC si applicano le norme di cui al Regolamento (CE) n.2037/2000.

Operazioni di recupero di frigoriferi e congelatori
Le operazioni ai fini del reimpiego di materiali e componenti consistono in:
- separazione cavi, parti PVC, ecc.;
- separazione parti elettriche;
- separazione compressori;
- separazione serpentine di scambio termico;
- cernita e collaudo dei componenti recuperabili (compressore, elettroventilatori, serpentine di condensazione ed evaporazione);
- separazione guarnizioni;

Secondo il D.Lgs. 151/05 entro il 31 dicembre 2006 l'obiettivo minimo di reimpiego e riciclaggio di componenti, materiali e sostanze, deve essere pari al 75 % in peso medio per apparecchio.

Le operazioni finalizzate al recupero di materiale ed energia sono:
- frantumazione carcassa;
- separazione metalli ferrosi e non ferrosi;
- separazione plastiche;
- separazione poliuretano;
- recupero CFC espandenti;
- separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile;
- separazione materiali non recuperabili;
- recupero energia in loco o presso altri impianti.

Tabella 15: Bilancio di massa per recupero frigoriferi e congelatori

		% in peso	**Obiettivi D.Lgs.151/05**
COMPOSIZIONE			
	Acciaio	60	
	Alluminio	3	
	Rame – ottone	3	
	PVC	1	
	Plastiche	13	
	Poliuretano	10	
	Vetro	1	
	Vernice	< 1	
	Olio	1	
	CFC	< 1	
	Altro	7	
	Totale	**100**	
RECUPERO TEORICO			
	di materiale	67	
	di energia	13	
	Totale	80	80
REIMPIEGO E RICICLAGGIO			75

Le operazioni di recupero di condizionatori

Le operazioni ai fini del reimpiego di componenti e materiali consistono in:
- separazione cavi, parti PVC, ecc.;
- separazione parti elettriche;
- separazione compressori e ventilatori;
- separazione serpentine di scambio termico;
- cernita e collaudo dei componenti recuperabili (compressore, elettroventilatori, serpentine di condensazione ed evaporazione);

Secondo il D.Lgs. 151/05 entro il 31 dicembre 2006 l'obiettivo minimo di reimpiego e riciclaggio di componenti, materiali e sostanze, deve essere pari al 75 % in peso medio per apparecchio.

Le operazioni finalizzate al recupero di materiale ed energia sono:
- frantumazione carcassa e filtri;
- separazione metalli ferrosi e non ferrosi;
- separazione plastiche;

- separazione del materiale a contenuto energetico utilizzabile;
- separazione materiali non recuperabili;
- recupero energia in loco o presso altri impianti.

Tabella 16: Bilancio di massa per recupero condizionatori

		% in peso	**Obiettivi D.Lgs.151/05**
COMPOSIZIONE			
Compressori	Acciaio – rame	37	
Olio	Olio idraulico	1	
Freon	R22/R134a	1	
Sistema di ventilazione	Alluminio – motorino	10	
Cavetteria	Fili di rame ricoperti	1	
Tubazioni interne	Rame	< 1	
Condensatori	Alluminio, carta, olio (con eventuale PCB)	< 1	
Radiatori	Alluminio - rame	15	
Struttura portante	Acciaio	28	
Convogliatori	Plastica	5	
Strutture esterne	Alluminio	< 1	
	Totale	**100**	
RECUPERO TEORICO	di materiale	90	
	di energia	5	
	Totale	**95**	**80**
REIMPIEGO E RICICLAGGIO			75

E.6 Migliori tecniche di gestione degli impianti di selezione, produzione CDR e trattamento RAEE

Prima di iniziare l'esercizio dell'impianto è necessario che il gestore abbia dimostrato di avere approntato i seguenti piani:

- Piano di gestione operativa
- Programma di sorveglianza e controllo
- Piano di ripristino ambientale per la fruibilità del sito a chiusura dell'impianto secondo la destinazione urbanistica dell'area.

Nelle procedure operative di gestione e di manutenzione il criterio guida deve essere quello di minimizzare il contatto diretto degli operatori con i rifiuti, la loro permanenza in ambienti in cui sono presenti polveri e/o sostanze potenzialmente dannose per la salute, le operazioni di intervento manuale sulle macchine ed apparati tecnologici.

E.6.1 Piano di gestione operativa

In fase di esercizio gli impianti di selezione, produzione di CDR e trattamento RAEE devono disporre di un piano di gestione operativa che individui le modalità e le procedure necessarie a garantire un elevato grado di protezione sia dell'ambiente che degli operatori presenti sull'impianto. Il criterio guida deve essere quello di minimizzare il contatto diretto degli operatori con i rifiuti, la loro permanenza in ambienti in cui sono presenti polveri e/o sostanze potenzialmente dannose per la salute, le operazioni di intervento manuale sulle macchine ed apparati tecnologici.

In particolare il piano di gestione deve contenere indicazioni su:

- procedure di accettazione dei rifiuti da trattare (modalità di campionamento ed analisi e verifica del processo di trattamento);
- tempi e modalità di stoccaggio dei rifiuti, tal quali ed a fine trattamento, e dei reagenti;
- criteri e modalità di miscelazione ed omogeneizzazione dei rifiuti da trattare ove previsto;
- procedure di certificazione dei rifiuti trattati ai fini dello smaltimento e/o recupero;
- procedure di monitoraggio e di controllo dell'efficienza del processo di trattamento, dei sistemi di protezione ambientale e dei dispositivi di sicurezza installati;
- procedura di ripristino ambientale dopo la chiusura dell'impianto in relazione alla destinazione urbanistica dell'area.

Una fase comune a tutti gli impianti è quella del controllo dei rifiuti in ingresso. Tale controllo deve verificare la presenza e la corretta compilazione dei documenti di accompagnamento e la loro conformità alla tipologia di rifiuti conferiti mediante controllo visivo.

Il conduttore dell'impianto deve, inoltre, sorvegliare il rispetto da parte del trasportatore delle norme di sicurezza, dei segnali di percorso e delle accortezze per eliminare i rischi di rilasci e perdite di rifiuti; in fase di scarico, inoltre, gli eventuali materiali non conformi devono essere allontanati e depositati in area dedicata.

Per individuare i controlli e le procedure successive alla fase di conferimento, risultano determinanti il tipo di selezione o il trattamento effettuati, nonché le tecnologie in uso presso l'impianto.
Tramite il piano di gestione operativa si deve ottenere di:

- garantire l'alimentazione delle linee di trattamento, il corretto funzionamento delle macchine, la prontezza degli interventi in caso di guasti
- prevedere i possibili rischi per la sicurezza dei lavoratori e per l'ambiente in seguito a cattivo funzionamento, difficoltà al trattamento dei rifiuti

- realizzare tutti i possibili recuperi di materiale e risparmi di energia e materie di consumo.
- eseguire le operazioni di gestione e manutenzione in modo da minimizzare il contatto diretto degli operatori con i rifiuti, la loro permanenza in ambienti in cui sono presenti polveri e/o sostanze potenzialmente dannose per la salute, le operazioni di intervento manuale sulle macchine ed apparati tecnologici.
- eseguire il controllo delle apparecchiature di difesa e monitoraggio ambientale relative in particolare alle emissioni
- garantire la raccolta e la validazione dei dati, la predisposizione delle comunicazioni agli Enti di controllo e al pubblico.
- attuare un controllo di gestione che permetta di verificare gli indici di rendimento dell'impianto in relazione agli obiettivi di progetto.

Di seguito si riportano alcune tabelle che individuano in via generalizzata e a titolo esemplificativo fasi e tipi di controlli per una linea di produzione di CDR.

Impianti di selezione per produzione di CDR da rifiuti indifferenziati

<table>
<tr><th colspan="2">FASE</th><th>DESCRIZIONE - CONTROLLI</th></tr>
<tr><td colspan="2">Stoccaggio rifiuti</td><td>I rifiuti urbani indifferenziati vengono scaricati nell'area dedicata (stoccaggio su pavimento a raso o in fossa). L'operatore prima delle successive lavorazioni deve assicurare che tra i rifiuti in ingresso non vi siano materiali indesiderati; qualora tali materiali fossero presenti deve provvedere a rimuoverli e a depositarli in apposita area. Il controllo del prodotto è di tipo visivo.
L'area di stoccaggio è mantenuta in depressione mediante aspirazione d'aria con un numero minimo di 3 ricambi per ora. L'operatore deve verificare il funzionamento del sistema di aspirazione della zona di stoccaggio del materiale. In caso di necessità è opportuno prevedere la possibilità di intervenire sulle portate aspirate.
L'alimentazione delle linee di processo è effettuato mediante sistemi su carroponte o con pala meccanica.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Triturazione</td><td>I rifiuti vengono movimentati dall'area di stoccaggio fino al trituratore-aprisacco; qualora per la movimentazione venga utilizzato un nastro a velocità variabile l'operatore deve regolare adeguatamente la portata e controllare la lavorazione.
Il trituratore lacera i sacchi pieni e tritura il materiale in essi contenuto. Il trituratore deve essere dotato di sistemi automatici di arresto e eventuale eliminazione dei materiali intriturabili.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vagliatura</td><td>Effettuata la triturazione il materiale viene movimentato fino al vaglio.
Il vaglio dà origine a due differenti flussi di materiali: frazione umida a prevalente matrice organica; frazione secca (sovvallo). Tali flussi vengono poi movimentati fino all'area di caricamento o di ulteriore trasformazione. L'operatore controlla l'eventuale ostruzione dei fori del vaglio. E' opportuno prevedere la possibilità di estrarre (mediante ulteriore vaglio o utilizzo di vagli a più sezioni con differente foratura) anche materiali fini (∅ < 20 mm)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Deferrizzazione, stoccaggio materiali ferrosi e caricamento per riutilizzo</td><td>Mediante separatore magnetico la frazione secca e quella umida vengono private della loro componente ferrosa, che viene raccolta in un apposito volume di stoccaggio. L'operatore deve controllare giornalmente il livello di riempimento dello stoccaggio e, qualora sia pieno, provvedere a mandare il materiale a recupero.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">FRAZIONE UMIDA</td><td>Smaltimento definitivo</td><td>Nel caso in cui la frazione umida deferrizzata sia direttamente caricata su camion per il conferimento agli impianti di smaltimento, l'operatore deve controllare che in fase di caricamento non vi sia dispersione di materiale nell'area circostante; qualora questo accada deve provvedere alla pulizia dell'area interessata.</td></tr>
<tr><td>Stabilizzazione</td><td>La frazione umida deferrizzata può essere sottoposta a biossidazione accelerata per la produzione di FOS.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Caricamento della frazione fine per lo smaltimento definitivo</td><td>Nel caso di separazione di frazione fine, questa viene raccolta in apposito volume di stoccaggio; l'operatore deve controllare giornalmente il livello di riempimento e provvedere a destinare il materiale a discarica.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Caricamento sovvallo ad elevato P.c.i. o CDR su camion e pressatura</td><td>La frazione secca deferrizzata (sovvallo – CDR) viene caricata su camion. L'operatore deve controllare che in fase di caricamento non vi sia dispersione di materiale nell'area circostante; qualora questo accada deve provvedere alla pulizia dell'area interessata.</td></tr>
</table>

PRODUZIONE DI CDR	
Asportazione metalli non magnetici	Mediante dispositivo a correnti indotte vengono asportati metalli non ferrosi (alluminio, rame soprattutto) dal sovvallo secco che viene raccolto in un apposito volume di stoccaggio. L'operatore deve controllare giornalmente il livello di riempimento dello stoccaggio e qualora sia pieno provvedere a mandare il materiale a recupero.
Triturazione secondaria	Il rifiuto viene ridotto a pezzatura inferiore a 100*100 mm tramite un raffinatore. L'operatore deve controllare la produzione della macchina e intervenire quando questa si blocca per la presenza di rifiuti intriturabili.
Separazione aeraulica	Mediante un separatore aeraulico vengono asportati dal sovvallo secco oggetti pesanti e ad elevata densità. L'operatore deve controllare la messa a punto della macchina, il livello di riempimento dello stoccaggio e qualora sia pieno provvedere a mandare il materiale a scarto.
Pressatura del fluff	Il fluff può essere pressato in balle legate con reggette o con fili di plastica per la spedizione a distanza. L'operatore deve verificare che la pressa sia alimentata correttamente e controllare la dimensione e la tenuta delle balle. Le balle confezionate sono movimentate da una macchina e stoccate in attesa della spedizione. Lo stoccaggio non deve superare la quantità consentita.
Addensamento o pellettizzazione	In alternativa alla pressatura il fluff può essere addensato o pellettizzato in cilindri o mattoncini. L'operatore deve verificare che la produzione sia conforme come pressatura e dimensioni dei materiali alle specifiche. Deve inoltre prendere i campioni necessari per il controllo di qualità del CDR. In caso di blocco della macchina deve essere verificata la causa ed eventualmente modificato il ciclo di produzione.
Disinfestazione	Deve essere previsto un idoneo programma di disinfestazione per l'eliminazione di eventuali mosche, ratti o altri animali.
Acque di percolazione	Le acque di percolazione provenienti dalla zona di stoccaggio del materiale in lavorazione devono essere convogliate mediante apposita rete nella vasca di raccolta del percolato. Successivamente devono essere inviate ad impianti di depurazione mediante autobotte o trattate in sito. Deve essere monitorato giornalmente il livello di riempimento del sistema di accumulo.
Controllo odori	Nell'area dove viene effettuato il processo di selezione meccanica deve essere installato un sistema di aspirazione che provveda a ricambiare l'aria; l'aspirazione dall'interno deve garantire, inoltre, la necessaria depressione per evitare la propagazione dei cattivi odori verso l'esterno. L'operatore deve verificare il funzionamento del ventilatore. L'aria estratta viene mandata al biofiltro e all'eventuale torre di lavaggio per essere depurata. L'operatore deve provvedere ad un'accurata manutenzione del biofiltro garantendone il necessario grado di umidità.
Controllo gas di scarico e rumore	L'operatore deve provvedere a far tenere accesi i motori dei mezzi in lavorazione e scarico per il tempo strettamente necessario.

Impianti di selezione di rifiuti da raccolta differenziata per recupero dei materiali

FASE		DESCRIZIONE - CONTROLLI
Scarico e stoccaggio frazione multimateriale (plastica, vetro, alluminio, ferro) e frazione cellulosica (carta e cartone)		I mezzi che trasportano le varie frazioni effettuano lo scarico sulle aree a ciò destinate. L'operatore deve assicurare che tra i rifiuti in ingresso non vi siano materiali indesiderati; qualora tali materiali fossero presenti deve provvedere a rimuoverli e a depositarli nell'apposita area. Il controllo del prodotto è di tipo visivo. L'operatore deve provvedere all'alimentazione dei materiali da valorizzare in testa alle linee di processo.
FRAZIONE CELLULOSICA	**Selezione manuale frazione cellulosica**	Gli operatori provvedono alla selezione manuale della frazione cellulosica separando le varie tipologie di carta. I materiali selezionati vengono convogliati in appositi volumi di stoccaggio; l'operatore deve controllare il livello di riempimento dei volumi di stoccaggio e qualora siano pieni provvedere a convogliare i materiali alla pressa. Il controllo può essere di tipo visivo o automatico.
FRAZIONE CELLULOSICA	**Selezione meccanica frazione cellulosica**	L'operatore deve caricare i rifiuti sull'impianto e verificare che la quantità non sia eccessiva. L'impianto esegue le operazioni di selezione e i flussi separati vengono controllati ed eventualmente riselezionati da due operatori per ogni nastro. L'operatore addetto al carico deve azionare lo scarico quando uno stoccaggio è pieno e viene alimentata la pressa.
FRAZIONE MULTIMATERIALE	**Deferrizzazione**	La frazione multimateriale, movimentata mediante nastro trasportatore, viene sottoposta a deferrizzazione; il materiale ferroso viene convogliato in apposito volume di stoccaggio. L'operatore deve controllare il livello di riempimento dello stoccaggio e, qualora sia pieno, provvedere a movimentare il materiale. Il controllo può essere di tipo visivo o automatico.
	Vagliatura	Deve essere prevista una fase per l'eliminazione di materiali fini (polveri), che vengono raccolti in un apposito volume di stoccaggio. L'operatore deve controllare il livello di riempimento dello stoccaggio e qualora sia pieno provvedere a rimuovere i materiali fini che vengono poi conferiti ad impianti di smaltimento definitivo. Il controllo è di tipo visivo o automatico.
	Separazione vetro da plastica e alluminio	Effettuata la vagliatura il materiale residuo viene movimentato, tramite nastro a velocità regolabile, fino ad un separatore a gravità/aeraulico, che separa i materiali leggeri (plastica e alluminio) da quelli pesanti (vetro). L'operatore deve regolare le macchine per garantire un'efficace separazione dei materiali. La regolazione viene effettuata in base alle verifiche qualitative dei flussi in uscita.
	Controllo qualità del vetro	Dopo la separazione meccanica il vetro deve essere sottoposto ad ulteriore controllo di qualità. Una volta isolato, il vetro viene convogliato e raccolto in apposito volume di stoccaggio. L'operatore deve controllare il livello di riempimento dello stoccaggio e qualora sia pieno provvedere a movimentare il materiale. Il controllo è di tipo visivo.

	Separazione alluminio da plastica	I materiali leggeri vengono movimentati per alimentare la macchina a induzione magnetica, che separa l'alluminio dalla plastica. Le due frazioni selezionate vengono raccolte in appositi volumi di stoccaggio; l'operatore deve controllare il livello di riempimento e qualora siano pieni provvedere a movimentare il materiale alla pressa. Il controllo può essere visivo o automatico.
Pressatura		Una volta raggiunte le quantità necessarie la plastica, l'alluminio, la carta e il cartone selezionati vengono pressati per la formazione di balle omogenee. Se esiste un'unica pressa per i diversi materiali, quando una tipologia viene avviata alla pressatura la movimentazione delle altre viene impedita mediante dispositivo automatico o manuale. L'operatore deve controllare visivamente la funzionalità del sistema.
Stoccaggio, caricamento balle e conferimento per il recupero		Le balle dei materiali vengono stoccate in apposita area, caricate su camion e conferite ai differenti impianti per il recupero. Le operazioni di movimentazione e caricamento sono effettuate in area destinata vietata all'accesso di estranei.
Disinfestazione		Deve essere previsto un idoneo programma di disinfestazione per l'eliminazione di eventuali mosche, ratti o altri animali.
Controllo gas di scarico e rumore		L'operatore deve provvedere a far tenere accesi i motori dei mezzi in lavorazione e scarico per il tempo strettamente necessario.

E.6.2 Programma di sorveglianza e controllo

Nell'ambito delle BAT va individuata la predisposizione ed adozione di un programma di sorveglianza e controllo, previsto, peraltro, in alcune leggi regionali a carico di tutti gli impianti di gestione dei rifiuti finalizzato a garantire che:

- tutte le sezioni impiantistiche assolvano alle funzioni per le quali sono progettate in tutte le condizioni operative previste;
- vengano adottati tutti gli accorgimenti per ridurre i rischi per l'ambiente ed i disagi per la popolazione;
- venga assicurato un tempestivo intervento in caso di incidenti ed adottate procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie nel processo produttivo;
- venga garantito l'addestramento costante del personale impiegato nella gestione;
- venga garantito alle autorità competenti ed al pubblico l'accesso ai principali dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza;
- vengano adottate tutte le misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti.

Il controllo e la sorveglianza dovrebbero essere condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente ed i prelievi e le analisi previste per garantire il rispetto dei limiti alle emissioni, indicate nei documenti autorizzativi, dovrebbero essere effettuati da laboratori competenti, preferibilmente indipendenti, operanti in regime di qualità secondo le norme della famiglia ISO 9000 per le specifiche determinazioni indicate nel provvedimento autorizzativo.

E.6.3 Strumenti di gestione ambientale

Personale

La responsabilità della gestione dell'impianto di trattamento deve essere affidata ad una persona competente, tutto il personale deve essere adeguatamente addestrato.

Benchmarking
Risulta opportuno analizzare e confrontare, con cadenza periodica, i processi, i metodi adottati e i risultati raggiunti, sia economici che ambientali, con quelli di altri impianti e organizzazioni che effettuano le stesse attività.

Certificazione
Le attività connesse con la gestione dell'impianto e le varie procedure operative che le regolamentano devono far parte di un apposito manuale di gestione al quale il gestore dell'impianto dovrà attenersi. Vanno promosse le azioni relative all'adozione di sistemi di gestione ambientale (EMS), nonché di certificazione ambientale (ISO 14000) e soprattutto l'adesione al sistema EMAS.

Sistemi di supervisione e controllo
Per gli impianti che trattano elevate quantità di rifiuti, tutti i sistemi, gli apparati e le apparecchiature costituenti l'impianto devono essere sottoposti ad un efficiente ed affidabile sistema di supervisione e controllo che ne consenta la gestione in automatico.

Comunicazione e consapevolezza pubblica
E' necessaria la predisposizione di un programma di comunicazione periodica cha preveda:
- la diffusione periodica di rapporti ambientali;
- la comunicazione periodica a mezzo stampa locale;
- la distribuzione di materiale informativo;
- l'apertura degli impianti per le visite del pubblico;
- la diffusione periodica dei dati sulla gestione dell'impianto.

E.6.4 Aspetti di pianificazione e gestione

Ubicazione dell'impianto
La scelta del sito deve essere effettuata sulla base di valutazioni comparative tra diverse localizzazioni che tengano in considerazione tutti gli aspetti logistici, di collegamento con le diverse utenze e con gli impianti di destinazione dei rifiuti trattati nonché gli impatti ambientali.
Aree industriali dimesse o quelle destinate dalla pianificazione urbanistica agli insediamenti industriali costituiscono la collocazione più idonea per gli impianti.
Ai fini dell'individuazione delle aree idonee devono essere acquisite tutte le informazioni bibliografiche e cartografiche relative alle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, vincolistiche, ecc. del territorio in esame, da integrare eventualmente con indagini di campo.
Altri aspetti, di natura territoriale e socioeconomica, che intervengono successivamente nella scelta delle aree selezionate, sono:
- presenza di rilevanti beni storici, artistici, archeologici;
- la distribuzione della popolazione;
- la distribuzione delle industrie sul territorio.

Trasporti e collegamento al sistema viario
Deve essere garantito un collegamento viario idoneo al transito dei mezzi per il conferimento dei rifiuti e per l'allontanamento dei residui.
Il conferimento dei rifiuti mediante ferrovia, se fattibile dal punto di vista tecnico-economico, è da privilegiare.

Al fine di ridurre i costi di trasporto e l'impatto sull'ambiente è necessario prevedere l'impiego di autocarri con la massima portata utile; di conseguenza è necessario verificare la disponibilità di strade adeguate.

F) IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE

F.1 Altri processi di preparazione di combustibili derivati dai rifiuti

I rifiuti costituiti dagli scarti della raccolta differenziata della plastica e da altri scarti di plastica non riciclabile possono sostituire altri combustibili solidi, come carbone, torba, legno, petrolio, coke etc, più facilmente di altri combustibili liquidi o gassosi proprio a causa delle loro caratteristica fisica. La comunità Europea indica lo sviluppo in corso di molte attività per la sostituzione di combustibile come di impianti dimostrativi che usano rifiuti plastici. I processi produttivi sono simili quelli già descritti per il CDR e derivano dal tipo di alimentazione del forno, dalle necessità di trasporto a distanza etc. La dimostrazione del recupero di energia da specifici flussi di rifiuti plastici è stata condotta con test in impianti industriali per tempi sufficientemente lunghi di prova, in condizioni operative ripetibili e stabili, che documentano l'efficacia dell'uso dei rifiuti plastici per gli impianti, per i prodotti, per i residui e anche per tutti i tipi di emissioni.
L'APME TEC ha in corso un vasto programma di utilizzazione dei rifiuti plastici in molteplici applicazioni (forni a griglia, a letto fluido, rotanti, forni industriali, ecc.)

F.2 Il processo OWS utilizzato a Bassum (Germania)

Questo processo consiste in una digestione anaerobica seguita da un processo aerobico per le sostanze organiche, con produzione di biogas e di CDR.
Il rifiuto di partenza è un rifiuto urbano con elevato contenuto di organico, corrispondente alla tabella seguente:

Tabella 17

Materiale	% in peso (sul tal quale)	% di SS (sostanza secca)	% VS/SS (sostanze volatili sul secco)	Mj/kg di SS
Carta-cartone	16,4	82	90	17,2
Legno	4	80	80	15
Plastica	9,1	86	96	41
Ferrosi	4	80	80	15
Metalli non-ferrosi	4	95	7	1,6
Vetro	4,8	95	7	1,6
Ceramiche e pietre	3,2	65	38	3,2
Sostanza organica umida	44,2	29	39	16,2
Potature	1,2	38	76	12
Materiali combustibili misti	1	79	485	29
Materiali non combustibili misti	1	85	5	1,3
Tessili	2,2	70	98	19,7
Carta sanitaria	4,8	48	68	13,5
Cuoio/gomma	1	90	95	36,3
Laminati	0,8	82	92	22,4
Tappeti/moquettes	1	85	81	30
RUP	0,3	75	82	34,4

Il contenuto in ceneri di questo rifiuto è 178 kg/t, ma si è visto che questo valore può oscillare da 178 a 225 kg/t.

Descrizione del processo:

Accettazione e separazione dei rifiuti
La procedura di accettazione dei rifiuti prevede lo scarico sul pavimento senza l'utilizzo di una fossa; il materiale è separato da una gru e inviato al digestore. I rifiuti ingombranti sono rimossi manualmente e portati a un trituratore.

Pretrattamento
Il rifiuto è messo su un nastro che lo porta a un vaglio rotante omogeneizzatore. Il vaglio è dotato di denti che rompono i sacchi e riducono la dimensione dei rifiuti, contemporaneamente viene aggiunta una piccola quantità di acqua al fine di omogeneizzazare i rifiuti stessi. In questo processo gli imballaggi composti da più materiali sono separati nella frazione carta (che va alla digestione anaerobica) e plastica (che finisce nel CDR).
Ci sono poi due stadi di vagliatura: nel primo, dopo la separazione magnetica, il materiale con dimensioni superiori a 150 mm viene classificato come CDR, mentre quello con dimensioni superiori a 40 mm viene avviato direttamente al digestore. Il materiale con pezzatura compresa fra 40 e 150 mm viene sottoposto ad un nuovo trattamento di vagliatura dopo la rimozione dei metalli. Le quantità che passano i 40 mm vanno al digestore, quelle che non passano vanno a CDR.

Digestione e recupero di energia
Il materiale, inviato al digestore, ha un tempo di residenza di 2 giorni nel reattore ed è ricircolato 7 volte. La parte organica biodegradabile è trasformata in biogas. Il digestato è un materiale fra il nero e il marrone con una struttura fibrosa. La lignina non si decompone in condizioni anaerobiche. Sul rifiuto che arriva si compiono regolarmente analisi di parametri come C/N e BVS (parte biodegradabile dei solidi volatili).
Il gas prodotto è stoccato in un serbatoio di plastica flessibile. Se la produzione di gas supera il consumo proprio (motore a biogas) e la capacità di accumulo, l'eccesso viene bruciato in torcia.

Depurazione dei fumi.
I gas di scarico del motore sono depurati in sequenza dal riduttore catalitico selettivo (SCR), dal filtro a carbone attivo, e con ossidazione termica. La reazione deNO_x nel reattore SCR riduce l'NO_x al di sotto di 100 mg/Nmc. L'unità di termoreazione riduce il CO sotto 100 mg/Nmc e gli idrocarburi sotto 50 mg/Nm^3.

Residui
Il materiale digestato è trattato con un vaglio vibrante e un separatore di sabbia per separare inerti e sabbie. Queste ultime sono poi lavate e valorizzate. Le fibre sono separate in un vaglio a dischi e successivamente separate in una parte fibrosa e una frazione legnosa.
Nell'impianto di Bassum, il materiale biologico restante è degradato in un processo di compostaggio aerobico per 8 settimane, allo scopo di decomporre la lignina. L'alimentazione del compostaggio aerobico è un mix del materiale digestato e della frazione 40-80 mm. deferrizzata. Il prodotto finale è trattato con densimetro ad aria per rimuovere le plastiche leggere e poi è deposto in discarica.
Non c'è una post- stabilizzazione aerobica; la lignina restante è recuperata come frazione fibrosa. Questa ha proprietà di stabilizzazione del suolo e di assorbimento d'acqua simili alla torba. La frazione fibrosa lavata soddisfa ai requisiti degli Standard fiamminghi della VLACO per il compost (da rifiuti verdi).

G) LE MIGLIORI TECNICHE E TECNOLOGIE

L'adozione delle B.A.T. per gli impianti di selezione, di produzione di CDR e trattamento dei R.A.E.E. riguarda miglioramenti nell'efficienza ambientale e nel rendimento economico.
La loro definizione ha come scopo principale di fornire alle autorità preposte il riferimento su cui valutare compiutamente le richieste di autorizzazione integrata in campo ambientale in ambito IPPC. Al tempo stesso esse possono risultare di aiuto anche agli operatori essendo sottinteso che di esse occorre tenere in dovuto conto, ove applicabili, in sede di predisposizione della richiesta di autorizzazione.
Le varie tematiche di interesse sono state sviluppate, per quanto possibile, in modo sequenziale, analizzando le tecniche secondo la sequenza di trattamenti che caratterizzano un impianto di recupero di materiali, di produzione di CDR e trattamento dei R.A.E.E.. Tutte le migliori tecniche sono state illustrate nei paragrafi E.4, E.5, E.6, E.7.

G1 Comuni tecniche da considerare nella determinazione delle BAT

G 1.1 Caratteristiche di composizione del rifiuto

Alcune tecniche da considerare sono:

Tabella 18

Identificazione dei costituenti primari	E' necessario eseguire almeno annualmente analisi merceologiche dei rifiuti per ogni azienda che conferisce, in modo da conoscerne la composizione e la sua variabilità
Identificazione del produttore del rifiuto	La conoscenza del produttore del rifiuto, di come esegue la raccolta e delle zone servite, è utile per adattare al meglio il trattamento alla qualità del rifiuto
Conoscenza del contenuto organico del rifiuto	Riveste importanza ai fini dei trattamenti biologici
Utilizzo della conoscenza del personale addetto all'impianto	Il personale dipendente ha una conoscenza diretta dei risultati del trattamento e si accorge delle variazioni del rifiuto in ingresso e del funzionamento dell'impianto
Adeguato trasferimento di conoscenze tra tutti coloro che raccolgono, stoccano, trasportano e trattano i rifiuti	Una misura di controllo importante è accertare un adeguato trasferimento di conoscenze tra possessori e gestori del rifiuto

Benefici ambientali realizzati
Riduzione del rischio di incidenti o di mal funzionamenti.

G 1.2 Ricezione dei rifiuti

La ricezione del rifiuto in ingresso deve avvenire in un'area coperta dove vengono eseguiti controlli visivi dei rifiuti e alcuni campionamenti; deve essere disponibile un laboratorio di analisi accreditato per analizzare i campioni.
La ricezione deve avvenire secondo questi criteri:

a) Le aree di ricezione devono avere un punto designato per lo scarico e un punto per il campionamento.
b) Le aree di scarico devono essere contrassegnate e avere un buon sistema di drenaggio
c) I rifiuti all'interno di contenitori devono essere svuotati in aree di ricezione idonee in attesa dell'eventuale campionamento
d) Le aree di ricezione devono avere una superficie impermeabile con sistema di drenaggio per prevenire l'ingresso o la fuoriuscita di materiale dal sistema di stoccaggio. Attenzione va posta inoltre per assicurare che le sostanze incompatibili non vengano a contatto tra loro. Ove necessario, in funzione della tipologia di rifiuti trattati, deve essere utilizzato idoneo materiale assorbente per trattenere qualsiasi fuoriuscita di materiale.
e) Il personale dell'impianto che esegue la campionatura, la verifica e l'analisi del rifiuto sia sufficientemente qualificato e adeguatamente addestrato.
f) Il laboratorio d'analisi deve avere un sistema di qualità certificato e metodi di controllo della qualità e deve conservare idonea documentazione delle analisi eseguite.

G 1.3 Procedure di accettazione dei rifiuti

Alcune tecniche e procedure di accettazione sono:

a) In previsione o in occasione del conferimento dei rifiuti ed ai fini dell'ammissione degli stessi allo specifico trattamento, il detentore deve fornire documentazione contenente precise indicazioni su processo produttivo di origine, composizione e caratteristiche dei rifiuti. Il gestore del sito deve effettuare controlli sul rifiuto prima del conferimento: il produttore e l'operatore del sito di trattamento devono entrambi essere certi dell'idoneità del rifiuto al processo di trattamento in questione.
b) Il gestore deve richiedere una verifica della documentazione fornita dal produttore. Questo può richiedere una visita presso il produttore nonché una valutazione tecnica da parte di personale qualificato e indipendente.
c) La suddetta documentazione deve essere presentata in occasione del primo conferimento e aggiornata ogni qualvolta intervengano variazioni del processo produttivo e/o delle caratteristiche del rifiuto, comunque, almeno una volta l'anno, e deve essere conservata dal gestore.

Benefici ambientali realizzati
Queste tecniche impediscono l'accettazione di rifiuti non idonei al trattamento che possono condurre a situazioni impreviste od a emissioni incontrollate durante l'attività del trattamento dei rifiuti.
Le attuali esperienze su queste tecniche hanno mostrato che occorre verificare attentamente le informazioni sulla natura e provenienza del rifiuto; in particolare se fra il produttore e l'impianto ci sono mediatori o altri operatori di trasferimento.

G.1.4 Metodi di gestione ambientale
Nella gestione degli impianti di trattamento dei rifiuti deve essere applicato il principio della prevenzione dell'inquinamento ambientale e pertanto devono essere rispettate le norme vigenti in

materia di gestione dei rifiuti, di scarichi idrici e tutela delle acque, di emissioni in atmosfera, di rumore, di igiene e salubrità degli ambienti di lavoro, di sicurezza, e prevenzione incendi.
Gli impianti devono essere gestiti con criteri di qualità ambientale.
Un sistema di gestione ambientale (EMS) può essere standardizzato o non standardizzato. Aderire ad un sistema internazionale standardizzato come ISO 14001 può dare una maggiore credibilità all'EMS, specialmente quando soggetto ad una verifica formale esterna. Il sistema europeo EMAS produce credibilità aggiuntiva grazie ai presupposti di interazione con il pubblico, attraverso la relazione ambientale e al meccanismo che assicura la conformità della gestione alla legislazione ambientale vigente.
In generale, un sistema di gestione ambientale (EMS) deve contenere le seguenti componenti:

a. Definizione di una politica ambientale
b. Pianificazione e fissazione di obiettivi
c. Programma di gestione
d. Programma di sorveglianza e controllo
e. Preparazione del rapporto ambientale
f. Convalida del sistema di gestione ambientale
g. Procedure di dismissione
h. Sviluppo di tecnologie pulite

a) Definizione di una politica ambientale
La direzione generale dell'impianto ha il compito di definire una politica ambientale che garantisca la minimizzazione degli impatti e quindi preveda:
- un impegno alla prevenzione e al controllo dell'inquinamento
- un impegno ad ottemperare la vigente normativa ambientale
- la disponibilità di idonea comunicazione interna (addetti) ed esterna (pubblico e tutte le parti interessate)

b) Pianificazione e fissazione di obiettivi
Questa fase consiste principalmente nei seguenti punti:
- identificare gli impatti ambientali dell'impianto e delle singole unità e fornire le specifiche misure di contenimento
- stabilire un programma di organizzazione ambientale, includendo la designazione delle responsabilità per gli obiettivi ambientali individuati

c) Programma di gestione
Il programma deve individuare le modalità e le procedure necessarie a garantire che le attività operative siano condotte in conformità con i principi di prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento. In particolare deve indicare:
- modalità di conferimento dei rifiuti all'impianto, tipologia degli automezzi impiegati, sistemi utilizzati per assicurare il contenimento delle emissioni originate dalla dispersione eolica e da sversamenti nel corso del conferimento;
- procedure di accettazione dei rifiuti conferiti (controllo del formulario di identificazione, ispezione visiva dei rifiuti, eventuali prelievi di campioni e relative modalità di campionamento ed analisi);
- modalità e criteri di stoccaggio e trattamento;
- criteri di gestione dei processi di trattamento;
- procedura di chiusura dell'impianto;
- piano di intervento per condizioni straordinarie quali: allagamenti, incendi, esplosioni, raggiungimento dei livelli di guardia di indicatori di contaminazione, dispersioni accidentali di rifiuti nell'ambiente.

d) Programma di sorveglianza e controllo

Il programma di sorveglianza e controllo è finalizzato a garantire che :

- tutte le sezioni impiantistiche assolvano alle funzioni per le quali sono progettate in tutte le condizioni operative previste
- vengano adottati tutti gli accorgimenti per ridurre i rischi per l'ambiente ed i disagi per la popolazione
- venga assicurato un tempestivo intervento in caso di incidenti ed adottate procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie nel processo produttivo
- venga garantito l'addestramento costante del personale impiegato nella gestione
- venga garantito alle autorità competenti ed al pubblico l'accesso ai principali dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza
- vengano adottate tutte le misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti.

Il controllo e la sorveglianza dovrebbero essere condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente. I prelievi e le analisi previste per garantire il rispetto dei limiti alle emissioni, indicate nei documenti autorizzativi, dovrebbero essere effettuati da laboratori competenti, preferibilmente indipendenti, operanti in regime di qualità secondo le norme ISO 9001 per le specifiche determinazioni indicate nel provvedimento autorizzativo.

e)*Preparazione della predisposizione del rapporto ambientale*

Il rapporto ambientale deve essere finalizzato a fornire i risultati ottenuti dall'impianto in rapporto ai suoi obiettivi ambientali e reso disponibile al pubblico. Ai fini della predisposizione del rapporto,l'operatore deve utilizzare indicatori ambientali esistenti che garantiscano:

-una adeguata illustrazione delle caratteristiche dell'impianto
-confronti delle performance dell'impianto nel corso degli anni
-confronti con i parametri settoriali, nazionali e internazionali
-verifica della conformità alle disposizioni della vigente normativa ambientale

f) *La convalida del sistema di gestione ambientale*

La convalida deve essere effettuata attraverso una certificazione interna o una verifica EMS esterna può aumentare la credibilità del sistema.

g)*Procedure di dismissione*

La dismissione pone rischi di contaminazione del suolo (e del sottosuolo) e genera una grande quantità di rifiuti. Tra le tecniche preventive si possono considerare:

- Utilizzare caratteristiche costruttive che facilitano lo smantellamento
- Minimizzare l'utilizzo di elementi contenenti sostanze pericolose
- Utilizzare materiali biodegradabili e riciclabili ove possibile

h) Sviluppo di tecnologie pulite

Considerare lo sviluppo di tecnologie pulite sia con studi e attività interne di ricerca e sviluppo, sia grazie ad analisi e confronti con il panorama internazionale di settore.

Benefici ambientali realizzati

L'adesione ad un EMS pone l'attenzione dell'operatore sulla performance ambientale dell'impianto. In particolare, la gestione, con procedure trasparenti, di operazioni di routine e eccezionali, dovrebbe assicurare la conformità con gli obiettivi ambientali.

I sistemi di gestione ambientale normalmente assicurano il continuo miglioramento della performance ambientale ovvero se l'impianto possiede una buona performance ambientale, il sistema aiuta a mantenerne alto il livello.

G2. Tecniche da considerare nella determinazione delle BAT per gli impianti di selezione, produzione di CDR e trattamento RAEE

Nelle tabelle che seguono vengono sinteticamente illustrate le BAT per ciascuna tipologia di impianto trattato in queste linee guida.

G.2.1 Individuazione delle BAT

Tabella 19

Gestione dei rifiuti in ingresso
▪ Conoscenza della composizione del rifiuto in ingresso per l'identificazione del processo di trattamento - Procedure di accettazione - Criteri di non accettazione ▪ Gestione delle caratteristiche dei rifiuti in ingresso: - identificazione dei flussi in ingresso e di possibili rischi - programmazione delle modalità di conferimento dei carichi all'impianto. - pesatura del rifiuto - comunicazioni con il fornitore dei rifiuti - controlli, campionamenti e determinazione analitiche sui rifiuti in ingresso ▪ Stoccaggio dei rifiuti in ingresso: - mantenimento di condizioni ottimali dell'area di impianto - adeguati isolamento, protezione e drenaggio dei rifiuti stoccati - minimizzazione della durata dello stoccaggio - aspirazione delle arie esauste dalle aree di stoccaggio - previsione di più linee di trattamento in parallelo - adeguati sistemi di sicurezza ed antincendio

Tabella 20

Preparazione di combustibile dai rifiuti
▪ classificare e triturare i rifiuti prima delle operazioni di selezione ▪ eseguire una separazione magnetica ▪ eseguire le operazioni di miscelazione e vagliatura in un'area chiusa ▪ usare un dispositivo che opera in atmosfera di azoto se c'è rischio di esplosioni ▪ usare un sistema di stabilizzazione/essiccazione biologico dove possibile. L'essiccazione termica è BAT solo dove non è possibile l'essiccazione biologica ▪ installare il separatore magnetico overband in linea con il nastro trasportatore sulla traiettoria di caduta del materiale ▪ ri-selezionare il materiale con un separatore magnetico a tamburo o a puleggia per aumentare la separazione delle piccole particelle ferrose ▪ usare uno schema di alimentazione dall'alto del tamburo magnetico ▪ classificare per dimensione la particelle non ferrose fra 3 e 150 mm prima della separazione con un dispositivo a correnti indotte. ▪ usare un campo magnetico alternato ad alta frequenza in modo da migliorare la separazione materiali non ferrosi più fini. ▪ nel separatore dei metalli non ferrosi posizionare il polo magnetico eccentricamente ▪ usare alimentatori a caduta vibranti per ottenere uno strato formato da una sola particella prima del separatore di metalli non ferrosi ▪ usare il modo di funzionamento a cataratta con il vaglio rotante ▪ riusare l'aria del classificatore ad aria a corrente ascendente con approssimativamente il 30% dell'aria in circolazione. La BAT consiste anche nello scaricare l'aria dalla parte in pressione del ventilatore attraverso un filtro di pulizia. ▪ usare i dispositivi a raggi infrarossi per controllare il contenuto in plastica e carta.

Tabella 20a

Trattamento per la produzione di CDR da rifiuto secco selezionato conforme alla norma UNI 9903-1
▪ Movimentazione ed alimentazione dei rifiuti ▪ Idoneo posizionamento degli operatori addetti alla movimentazione ▪ Disponibilità di spazio per i rifiuti rimossi (es.: ingombranti) ▪ triturazione primaria con macchina a rotore lento e ad azione mista di frantumazione e taglio. Pezzatura in uscita 250-300 mm. dispositivo di blocco in caso di rifiuti non triturabili - prima deferrizzazione con elettromagnete - selezione secco-umido dei RU indifferenziati ▪ trattamento di biostabilizzazione o di digestione anaerobica della frazione organica ▪ intercettazione e selezione di parti contenenti cloro con sensore NIR ▪ triturazione secondaria (con raffinatore) a uno o due rotori, con velocità di rotazione bassa, ▪ pezzatura in uscita 100-150 mm, griglia che impedisce il passaggio di pezzatura superiore, dispositivo di blocco in caso di rifiuti non triturabili ▪ separazione per densità (aeraulico) ▪ estrazione di metalli ferrosi e non ferrosi ▪ pressatura in balle ▪ in alternativa carico su semirimorchio con pressa stazionaria

Tabella 20b

Trattamento per la produzione di CDR da rifiuto sottoposto a bioessiccazione conforme alla norma UNI 9903-1
▪ Movimentazione ed alimentazione dei rifiuti ▪ Idoneo posizionamento degli operatori addetti alla movimentazione ▪ Disponibilità di spazio per i rifiuti rimossi (es.: ingombranti) ▪ Triturazione primaria con macchina a rotore lento e ad azione mista di frantumazione e taglio. Pezzatura in uscita 250-300 mm dispositivo di blocco in caso di rifiuti non triturabili ▪ deferrizzazione ▪ carico con carroponte o con altri mezzi automatici dei reattori biologici di bioessiccazione ▪ trattamento di bioessiccazione della frazione organica ▪ scarico con carroponte, o con altri mezzi meccanici automatici, dei reattori di bioessiccazione ▪ intercettazione e selezione di parti contenenti cloro con sensore NIR ▪ eventuale aggiunta di rifiuti ad alto potere calorifico (es. plastiche non clorurate, gomma) ▪ triturazione secondaria (con raffinatore) a uno o due rotori, con velocità di rotazione bassa, pezzatura in uscita 100-150 mm, griglia che impedisce il passaggio di pezzatura superiore, dispositivo di blocco in caso di rifiuti non triturabili ▪ separazione per densità con sistema aeraulico; all'uscita del raffinatore le parti leggere vengono aspirate da una corrente di aria e vengono poi separate in un ciclone. Le parti pesanti cadono in un contenitore e vengono successivamente trattate ▪ estrazione di metalli non ferrosi ▪ pressatura del CDR in balle ▪ in alternativa carico su semirimorchio con pressa stazionaria ▪ trattamento degli scarti provenienti dal vaglio e dall'aeraulico allo scopo di selezionare i metalli e gli inerti recuperabili.

Tabella 21

Gestione del CDR prodotto
▪ Conoscenza della composizione del prodotto anche ai fini del rapporto con l'utilizzatore: - avere un sistema di garanzia della qualità delle caratteristiche del materiale in uscita e fornire le principali caratteristiche fisiche e chimiche, in particolare per il CDR, PCI, contenuto in ceneri, contenuto in acqua, contenuto di sostanze volatili, e un descrizione sommaria delle composizione chimica (in particolare C,H,O,N,S,Al,K,Na,P,Cl,F, altri metalli). ▪ Valutare le caratteristiche tecniche degli impianti di utilizzo: per il CDR, ad esempio le caratteristiche tecniche di un forno a cemento (alta temperatura, ambiente basico, necessità di limitare nel combustibile la quantità di inquinanti quali cromo (VI), piombo, cadmio, mercurio, tallio, zolfo,e gli alogeni totali); ▪ produrre diversi tipi di combustibile da rifiuti a seconda dell'utilizzatore (esempio: forno a cemento, centrale a carbone, ecc)

Individuazione dei materiali prodotti secondo gli standard della norma UNI 9903-1 e secondo le richieste del destinatario finale. Esempio per il CDR.
Descrivere esattamente le proprietà fisiche e chimiche del combustibile prodotto, quali: ▪ potere calorifico ▪ contenuto in ceneri ▪ contenuto d'acqua ▪ contenuto di materie volatili ▪ composizione chimica (in particolare C, H, O, N, S, Al; Cu, Mn, P,Cl, F e altri metalli) ▪ materiali contenuti nel combustibile, con riferimento ai limiti per il Cl e lo S. Limitare il contenuto di particolari inquinanti quali cromo VI, piombo, cadmio, mercurio, tallio, PCB, zolfo e contenuto di alogeni totali per il combustibile destinato ai forni a cemento.

Tabella 22

Trattamento per la selezione di qualità diverse di carta e cartone da raccolta mista
Movimentazione ed alimentazione dei rifiuti: ▪ idoneo posizionamento degli operatori addetti alla movimentazione ▪ disponibilità di spazio per i rifiuti scaricati ▪ Sistema di vagli (a dischi o oscillanti) per separazione del cartone dalla carta e per separazione dimensionale della carta stessa ▪ Tramoggia con nastro di carico caricata da operatore con pala meccanica ▪ Distribuzione del flusso di carta mista residua su un nastro in uno strato unico di materiale Separazione della carta di giornali e riviste per via di sensori ottici e di forma ▪ Controllo di qualità manuale ▪ Stoccaggio separato delle varie qualità di carta ▪ Alimentazione meccanica della pressa ▪ Pressatura in balle ▪ Controllo dei requisiti di qualità sul materiale ai fini della conformità con i processi di recupero

Tabella 23

Trattamento di selezione della raccolta multimateriale
▪ area di consegna e stoccaggio dei rifiuti al chiuso sul pavimento ▪ tramoggia con nastro di carico caricata da operatore con pala meccanica ▪ vaglio oscillante ▪ nastro di distribuzione, ▪ separatore delle frazioni leggere (plastica, alluminio) per via aeraulica; i materiali giacenti sul nastro e distribuiti in maniera uniforme e monostrato passano sotto una cappa aspirante che li estrae dal flusso degli altri rifiuti e li convoglia a un ciclone dove si separano dall'aria e cadono in una tramoggia dove sono raccolti e inviati alla pressa. ▪ magnete overbelt per separazione dei metalli ferrosi ▪ dispositivo a correnti indotte per la separazione dei metalli non ferrosi ▪ controllo di qualità sulla corrente di rottami di vetro residua dopo la separazione degli altri materiali ▪ macchina per la selezione del vetro per colore ▪ stoccaggio vetro per colore ▪ stoccaggio ferro ▪ stoccaggio altri metalli ▪ pressatura e stoccaggio della plastica ▪ controllo dei requisiti di qualità sul materiale ai fini della conformità con i processi di recupero

Tabella 24

Trattamento delle apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse
▪ organizzazione dell'impianto (divisione in settori, dotazioni specifiche) ▪ classificazione e controllo delle apparecchiature in ingresso (vedi anche tabella 29) ▪ stoccaggio dei rifiuti, per tipologia, con adeguata protezione ▪ pretrattamento ▪ messa in sicurezza

- smontaggio delle parti mobili e dei pezzi di ricambio riutilizzabili
- controllo di qualità sulle parti di ricambio da avviare a riutilizzo
- separazione selettiva di componenti e sostanze ambientalmente critiche
- smontaggio di parti e prelievo dei componenti ai fini del recupero
- trattamento di specifiche tipologie di apparecchiature elettriche ed elettroniche (televisori, monitor, PC, lavatrici e lavastoviglie)
- mulino per la frantumazione delle carcasse ai fini del recupero di materiali
- separazione delle frazioni recuperabili come materia e come energia
- stoccaggio separato delle varie frazioni e parti recuperate
- stoccaggio separato delle sostanze ambientalmente critiche da avviare a trattamento
- stoccaggio separato dei rifiuti da avviare a smaltimento
- controllo dei requisiti di qualità sul materiale ai fini della conformità con i processi di recupero
- estrazione e trattamento dei circuiti di raffreddamento
- controllo delle emissioni di sostanze lesive per l'ozono stratosferico
- verifica dell'estrazione dei CFC delle schiume isolanti.

Tabella 25

Trattamento dell'aria in uscita dall'impianto

- Adeguata individuazione del sistema di trattamento
  - Valutazione dei consumi energetici
  - Ottimizzazione della configurazione e delle sequenze di trattamento
- Rimozione delle polveri
- Riduzione degli odori con filtro biologico o con sistemi termici
- Rimozione dell'NH_3
- Rimozione di particolari sostanze inquinanti con scrubber chimici

Tabella 26

Trattamento delle acque di scarico

- Impiego di sistemi di trattamento a minor produzione di effluenti
- Massimizzazione del ricircolo delle acque reflue
- Raccolta separata delle acque meteoriche pulite
- Adeguati sistemi di stoccaggio ed equalizzazione
- Impiego di sistemi di trattamento chimico-fisico
- Trattamento biologico delle acque reflue possibilmente con l'utilizzo di impianti di depurazione esistenti nel territorio di pertinenza

Tabella 27

Trattamento dei residui solidi

- Classificazione e caratterizzazione di tutti gli scarti degli impianti di trattamento
- Rimozione degli inerti dagli scarti del separatore aeraulico
- Recupero degli inerti
- Utilizzazione di altri scarti del processo di trattamento (esempio residui plastici da impianti di selezione per produzione di CDR)
- Caratterizzazione e adeguato smaltimento dei rifiuti non recuperabili

Tabella 28

Rumore

- Sistemi di scarico e pretrattamento al chiuso
- Impiego di materiali fonoassorbenti
- Impiego di sistemi di coibentazione
- Impiego di silenziatori su valvole di sicurezza, aspirazioni e scarichi di correnti gassose

Tabella 29

Strumenti di gestione

- Piano di gestione operativa

▪ Programma di sorveglianza e controllo ▪ Piano di chiusura

Tabella 30

Strumenti di gestione ambientale
▪ Sistemi di gestione ambientale (EMS) ▪ Certificazioni ISO 14001 ▪ EMAS

Tabella 31

Comunicazione e consapevolezza dell'opinione pubblica
▪ Comunicazioni periodiche a mezzo stampa locale e distribuzione di materiale informativo ▪ Organizzazione di eventi di informazione/discussione con autorità e cittadini ▪ Apertura degli impianti al pubblico ▪ Disponibilità dei dati di monitoraggio in continuo all'ingresso impianto e via Internet

H) ANALISI DELL'APPLICABILITÀ DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

H.1 Applicazione delle BAT

L'applicabilità di una qualsiasi BAT, soprattutto nel caso degli impianti esistenti, non può risultare di carattere generale essendo essa legata a diversi fattori presenti a livello locale, che possono influenzare notevolmente le prestazioni raggiungibili.

Tra questi si citano:

- Le dimensioni dell'impianto;
- Il tempo di vita residuo ("età") dell'impianto;
- L'ubicazione e il contesto locale;
- Le caratteristiche dei rifiuti trattati (principalmente il contenuto di inquinanti);
- La presenza di vincoli di carattere tecnico.

La Tabella seguente riporta una valutazione dell'applicabilità delle B.A.T. nei diversi tipi di impianti esaminati, basandosi sulla disponibilità di mercato e sui tempi tecnici di realizzazione delle installazioni. Alla valutazione dei tempi è associata anche una valutazione dell'ordine di grandezza della spesa necessaria per i vari tipi di adeguamento.

Tabella 32

		Adeguamento impiantistica di processo		**Adeguamento opere civili**		**Adeguamento abbattimento emissioni**		**Adeguamento abbattimento rumori**	
	Capacità impianto t/g	tempo	impegno finanziario	tempo	impegno finanziario	tempo	impegno finanziario	tempo	impegno finanziario
Selezione multimateriale	<50	1 anno	medio	<1 anno	medio	< 1anno	basso	< 1 anno	basso
	<200	1 anno	alto	< 1 anno	medio	< 1 anno	basso	< 1 anno	basso
	Oltre 200	1 anno	alto	< 1 anno	alto	< 1 anno	medio	1 anno	basso
Selezione carta	< 30	2 anni	alto	2 anni	medio	1 anno	medio	1 anno	basso
	< 100	2 anni	alto	2 anni	medio	1 anno	medio	1 anno	basso
	Oltre 100	2 anni	alto	2 anni	alto	1 anno	medio	1 anno	basso
Selezione plastica	< 20	2 anni	medio	2 anni	medio	1 anno	medio	1 anno	basso
	<50	2 anni	alto	2 anni	alto	1 anno	medio	1 anno	basso
	Oltre 50	2 anni	alto	2 anni	alto	1 anno	medio	1 anno	basso
Selezione ingombranti	< 20	1 anno	basso	1 anno	basso	1 anno	medio	1 anno	basso
	<50	1 anno	basso	1 anno	basso	1 anno	medio	1 anno	basso
	Oltre 50	1 anno	medio	1 anno	basso	1 anno	medio	1 anno	basso
Apparechiature Elettriche Elettroniche	<20	1 anno	alto	1 anno	alto	1 anno	alto	1 anno	alto
	<50	1 anno	alto	1 anno	alto	1 anno	alto	1 anno	alto
	Oltre 50	2 anni	alto	2 anni	alto	2 anni	alto	2 anni	alto
Produzione CDR	<60	2 anni	alto			1 anno	medio	1 anno	medio
	<120	2 anni	alto			1 anno	medio	1 anno	medio
	Oltre 120	2 anni	alto	2 anni	alto	1 anno	medio	1 anno	medio

Impegno finanziario: alto > 500.000 - € medio> 150.000 € - basso > 25.000 €

H.1.1 Le dimensioni dell'impianto

L'adeguamento degli impianti di taglia ridotta alle BAT risulta inevitabilmente più oneroso.

H.1.2 L'età dell'impianto

In linea generale l'applicazione delle BAT dovrebbe essere idonea sia per gli impianti nuovi che per quelli esistenti.

E' altrettanto evidente che tale affermazione deve poi essere calata all'interno della realtà del singolo impianto.

H.1.3 Le caratteristiche dei rifiuti trattati

La conoscenza approfondita delle matrici in ingresso agli impianti di selezione, produzione di CDR e trattamento RAEE è di estrema importanza, per accertare la compatibilità con il processo e con l'impianto.

H.1.4 Presenza di vincoli di carattere tecnico

Tra le difficoltà che possono insorgere nell'applicazione di specifiche BAT occorre sicuramente annoverare, tra le altre, la mancata disponibilità di aree idonee per l'installazione di apparecchiature, sistemi e/o componenti aggiuntivi.

H.1.5 Interventi per l'applicazione delle BAT

Per l'adeguamento del sistema impiantistico nazionale ai dettami della direttiva IPPC possono essere individuati due tipi di interventi:

- Interventi di carattere operativo gestionale, caratterizzati da tempi di realizzazione e costi relativamente ridotti, nonché vantaggi prestazionali accettabili per impianti che sono praticamente già in linea o quasi con la futura normativa;
- Interventi ristrutturativi, che prevedono il rifacimento, più o meno esteso, di qualche sezione dell'impianto individuata come critica e che comportano tempi di realizzazione (indicativamente dell'ordine dei 24 mesi), con maggiori impegni economici.

Nella valutazione della scelta delle migliori tecniche si deve, anche, tener presente che potrebbe risultare difficoltoso adottarne alcune (es. sostituire un processo tecnologico con un altro) in impianti esistenti.

Le tecniche legate ad aspetti gestionali di cui al paragrafo E.6 devono, invece, sempre introdotte al fine di garantire elevati livelli di tutela dell'ambiente e della salute umana.

H.2 Analisi di applicabilità in termini di costi benefici

L'applicazione delle B.A.T. determina in generale, su tutte le tipologie d'impianto esaminate, i seguenti benefici:

- incremento della produttività degli impianti (maggiore automazione, maggiore affidabilità e minore necessità di manutenzione); minori costi di esercizio.
- miglioramento della qualità dei prodotti, determinata dalla funzionalità delle tecnologie, soprattutto in termini di costanza delle caratteristiche dei materiali da avviare al recupero.
- Maggiore sicurezza del lavoro, in quanto vengono eliminate in grande parte le operazioni manuali dirette sui rifiuti, il contatto con materiali polverosi, oggetti taglienti etc. Il lay-out degli impianti, spesso nati da un'installazione provvisoria è soggetto a una

razionalizzazione e a una revisione anche dal punto di vista della sicurezza, in particolare per il rischio dovuto a mezzi in movimento, a incendi, a esplosioni.

- Maggiore sostenibilità ambientale. L'adozione delle BAT sia per gli apparati produttivi che per gli impianti di abbattimento delle emissioni produce una maggiore efficienza di recupero, una migliore utilizzazione delle risorse (energia, acqua, materiali di consumo) e una maggiore difesa dell'ambiente.
- Maggiore controllabilità di tutto il sistema. La concentrazione delle lavorazioni in unità produttive più grandi e organizzate rende anche più controllabile tutto il sistema industriale del recupero, che tenderà per sé stesso a un maggiore autocontrollo.

A fronte di questi benefici si possono considerare i costi di impianto, che in certi casi possono essere relativamente elevati, specialmente per piccoli insediamenti che eseguono operazioni di trattamento a livello quasi familiare. Una conseguenza importante è sicuramente la notevole riduzione di impiego di manodopera in un settore dove sono spesso presenti cooperative che utilizzano personale non altamente qualificato. La maggiore dimensione degli impianti e del bacino di utenza servito può comportare entro certi limiti un aumento dei costi di trasporto a carico delle aziende che gestiscono la raccolta. In un sistema equilibrato questo fattore negativo è compensato dall'aumento di produttività degli impianti di recupero.

I) DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

I.1 La definizione di BAT

I.1.1 La direttiva 96/61/CE

La direttiva 96/61/CE ("Direttiva IPPC") definisce le "***migliori tecniche disponibili***" come:*"la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso"*.

A tale scopo occorre tenere presente le seguenti definizioni:

- *"tecniche"*, si intende sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- *"migliori"*, qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;
- *"disponibili"*, qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli.

I.1.2 Impatto ambientale e rischi

Le tecniche individuate devono minimizzare l'impatto dell'impianto sull'ambiente relativo a tutte le matrici interessate (acqua, aria, suolo) e sulla salute umana, nel rispetto degli specifici requisiti stabiliti dalla normativa vigente. La sicurezza dei lavoratori deve essere tutelata, in accordo alla vigente normativa.

I.1.3 Fattibilità tecnico-economica

Le tecniche prescelte devono essere affidabili e deve essere garantita la qualità dei sistemi e delle apparecchiature utilizzate. I costi di investimento, esercizio e manutenzione devono essere sostenibili. Le analisi costi-benefici devono aver dato prova positiva.

I.1.4 Processo decisionale per l'individuazione delle BAT

Per l'individuazione di una BAT occorre mettere in atto un processo decisionale che sulla base dei dati disponibili sulla tecnica in esame e delle specifica applicazione, tenuto conto dei fattori locali e degli aspetti summenzionati possa portare ad una valutazione della sua applicabilità.

I.2 Criteri di individuazione delle BAT

Considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle migliori tecniche disponibili, tenuto conto dei costi e dei benefici che possono risultare da un'azione e del principio di precauzione e prevenzione.

I.2.1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti

Le tecniche adottate nei i processi di trattamento devono limitare la produzione di rifiuti non recuperabili.

Inoltre devono essere affrontate le problematiche legate allo stoccaggio, carico, trasporto e scarico dei rifiuti prodotti.

I.2.2 Impiego di sostanze meno pericolose

Nella progettazione dell'impianto e nella sua conduzione deve essere previsto l'impiego di sostanze e materiali selezionati secondo i criteri della minore pericolosità e del minore consumo.

I.3 Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale

Le tecniche individuate devono garantire prestazioni e livelli di esercizio verificati sulla base di applicazioni di successo su scala industriale.
L'impianto deve garantire elevata disponibilità e affidabilità di esercizio.
E' importante la molteplicità di fornitori e la disponibilità sul mercato di ricambi, materiali e reagenti necessari per l'esercizio e per le manutenzioni.
Le tecniche adottate devono essere compatibili con le condizioni locali (ambientali, climatiche, geografiche, socio-economiche).

I.4 Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico

Le tecniche devono essere scelte alla luce delle evoluzioni in campo scientifico e dei relativi progressi tecnici conseguiti nel settore del trattamento dei rifiuti.
Qualsiasi tecnica deve dimostrare anche la capacità di evolvere ed essere in grado di adattarsi a nuove soluzioni e condizioni.

I.5 Natura, effetti e volume delle emissioni

La valutazione degli effetti delle emissioni deve tenere conto della situazione al contorno (piani di qualità dell'aria e dell'acqua, piani territoriali e urbanistici, ecc.)
Devono essere utilizzate le tecniche più avanzate per la misurazione delle emissioni e dei parametri di processo, nel rispetto dei requisiti minimi prescritti dalla normativa.

I.6 Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti

Devono essere valutati la vita media di un impianto e la sua capacità produttiva nel tempo.

I.7 Tempo richiesto per l'adozione di una migliore tecnica disponibile

Nel settore del trattamento dei rifiuti, la variabilità e complessità dei materiali da trattare richiedono l'attenta sperimentazione e la verifica sul campo di qualsiasi nuova tecnica proposta.
Gli investimenti necessari possono essere notevoli; molto spesso il passaggio dalla sperimentazione alla realizzazione industriale è un processo lento e costoso che può richiedere anni.

I.8 Consumo di risorse

Le tecniche selezionate devono essere finalizzate alla minimizzazione dei consumi di acqua, materie prime, energia; devono inoltre prediligere l'impiego di sostanze e materiali la cui produzione è, a sua volta, causa di un ridotto impatto ambientale e minimi consumi energetici.
In questa valutazione può risultare utile l'impiego di sistemi di analisi del ciclo di vita (LCA).
Le tecniche prescelte devono utilizzare apparecchiature a basso consumo di energia.

I.9 Prevenzione e riduzione dell'impatto globale sull'ambiente

E' necessario minimizzare l'impatto delle emissioni in aria e in acqua, tenendo conto della specifica realtà territoriale in cui è insediato l'impianto. L'impatto globale deve essere valutato nell'ambito di piani locali della qualità dell'aria e delle acque.
Deve essere preso accuratamente valutato che un impianto non affidabile può mettere in crisi il servizio (pubblico o meno) di gestione dei rifiuti.
Sono richieste tecniche di misurazione di elevata qualità per il monitoraggio in continuo dei parametri operativi dell'impianto e delle emissioni.

I.10 Prevenzione degli incidenti e minimizzazione degli effetti

Le tecniche adottate devono considerare la possibilità di incidenti, guasti e malfunzionamenti degli impianti e prevenirne o limitarne le conseguenze. In caso di guasto improvviso o di mancanza di alimentazione, le apparecchiature devono portarsi autonomamente in condizioni di massima sicurezza.

Le tecniche prescelte devono prevedere tutte le misure per fronteggiare qualsiasi condizione anomala di esercizio.Deve essere previsto un idoneo sistema antincendio.

La responsabilità della gestione dell'impianto va affidata a persone competenti e il personale deve essere adeguatamente addestrato.

GLOSSARIO-ABBREVIAZIONI-ACRONIMI

CDR Combustibile Derivato dai Rifiuti
EMS Environmental Management System
Erec Rendimento di recupero
Es Rendimento di separazione
F.O.P. Frazione Organica Putrescibile
F.O.S. Frazione Organica Stabilizzata.
Fc Quantità di una frazione merceologica contenuta nel flusso di rifiuti da selezionare
Fs Quantità di una frazione merceologica selezionata
GAC Granular Activated Carbon
IRD Indice di Respirazione Dinamico
NIR Near Infra Red
QR Quantità di materiale recuperato
QT Quantità totale di materiale all'ingresso dell'impianto
RDF Refuse Derived Fuel
RU Rifiuti Urbani
SRF Solid Recovered Fuel

BIBLIOGRAFIA

- Rapporto Rifiuti 2005 APAT/ONR
- L'Italia del recupero – Rapporto Fise Assoambiente sul riciclo dei rifiuti 5ª edizione
- Document on "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"
- Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector
- CITEC – Linee guida per la progettazione, la realizzazione e la gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani. A cura di Aulo Magagni- Ed Hyper 2004
- La produzione di combustibili derivati dai rifiuti in Italia De Stefanis- Chiadò –(ENEA)
- Il compostaggio in Italia, a cura di S.Piccinini. Maggioli editore, marzo 2002

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

5 Gestione dei rifiuti

(Impianti di trattamento chimico-fisico e biologico dei rifiuti liquidi)

PREMESSA

Il presente documento riassume le proposte del Gruppo Tecnico Ristretto (GTR) sulla gestione dei rifiuti, istituito dalla Commissione Nazionale ex art. 3 comma 2 del D.Lgs 372/99, nell'ambito delle attività inerenti la redazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).

Il GTR risulta così costituito:

- dott.ssa Rosanna Laraia (APAT, coordinatore) designata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Fabrizio De Poli (MATT) designato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Marco Di Basilio (ISPESL) e dott.ssa Loredana Musmeci (ISS), designati dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Di Masi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Guido Morini e dott. Paolo Cesco designati da Confindustria
- dott. Antonio Stifanelli designato da Federambiente.

Il documento è stato elaborato nell'ambito del sottogruppo "Impianti di trattamento chimico fisico e biologico di rifiuti liquidi" al quale hanno partecipato, oltre alla dott.ssa Rosanna Laraia, coordinatore del GTR, anche i seguenti esperti:

- dott. Federico Foschini (APAT)
- dott. Andrea Massimiliano Lanz (APAT),

Ha collaborato ai lavori il dott. Renato Bargna (ECODECO).

INDICE

E) Individuazione delle BAT, con particolare riferimento, ove disponibili, alle conclusioni dei BREF comunitari

E.1 Concetto generale delle migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

E.2 Aspetti tecnici e tecnologici dello specifico settore

E.3 Aspetti ambientali

E.3.1 Trattamenti chimico-fisici

E.4 Aspetti ambientali: emissioni

E.4.1 Trattamenti chimico-fisici

E.4.2 Trattamenti biologici

E.5 Individuazione delle migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore in Italia

E.5.1 Migliori tecniche e tecnologie per il trattamento dei rifiuti liquidi

E.5.1.1 Criteri generali e sistemi di monitoraggio

E.5.1.2 Attività di informazione

E.5.1.3 Stoccaggio e movimentazione

E.5.1.4 Trattamento delle emissioni gassose

E.5.1.5 Gestione dei reflui prodotti nell'impianto

E.5.1.6 Gestione dei rifiuti prodotti dall'impianto

E.5.2 Migliori tecniche e tecnologie per i trattamenti chimico-fisici

E.5.2.1 Criteri generali

E.5.2.2 Tecniche specifiche per categoria di inquinante

E.5.3 Migliori tecniche e tecnologie per i trattamenti biologici

E.5.3.1 Criteri generali

E.5.3.2 Tecniche specifiche per alcune tipologie di sostanze ed impianti di trattamento

F) Approfondimento, ove necessario, delle tecniche analizzate nei BREF comunitari e definizione, ove possibile, del range di prestazione delle diverse tecniche

F.1 Introduzione

F.2 Trattamento di rifiuti liquidi contenenti cianuri

F.3 Trattamento di rifiuti liquidi contenti cromo esavalente

F.4 Riutilizzo di acidi forti esausti nei trattamenti di rifiuti liquidi

F.5 Rimozione biologica dello zolfo e dei metalli pesanti

F.6 Rimozione biologica dell'azoto

F.7 Trattamenti dei fanghi

F.7.1 Ispessimento e disidratazione dei fanghi

F.7.2 Stabilizzazione e condizionamento

F.7.3 Ossidazione termica

F.8 Ossidazione chimica con ozono

F.9 Trattamento dei percolati di discarica

G) Identificazione di eventuali tecniche alternative e definizone, ove possibile, del range di prestazione di tali tecniche

G.1 Reattori biologici sequenziali (SBR Sequencing batch reactors)

G.2 Bioreattori (MBR)

G.3 Sistemi di arricchimento ossigeno

G.4 Trattamento anaerobico del percolato di discariche di rifiuti urbani con reattori a biomassa adesa

G.5 Rimozione biologica del fosforo

G.6 Stagni biologici (o lagunaggi)

H) Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria) della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

H.1 Configurazione base dell'impianto

H.1.1 Ricevimento, stoccaggio e movimentazione

H.1.2 Migliori tecniche e tecnologie per i trattamenti chimico-fisici e biologici dei rifiuti liquidi

H.1.3 Limitazione delle emissioni

H.1.4 Migliori tecniche di gestione degli impianti di trattamento chimico-fisico e biologico dei rifiuti liquidi

H.1.5 Piano di gestione operativa

H.1.6 Programma di sorveglianza e controllo (PSC)

H.2 Strumenti di gestione ambientale

H.2.1 Personale

H.2.2 Benchmarking

H.2.3 Certificazione

H.2.4 Sistemi di supervisione e controllo

H.2.5 Comunicazione e consapevolezza pubblica

H.3 Aspetti di pianificazione e gestione

H.3.1 Ubicazione dell'impianto

H.3.2 Trasporti e collegamento al sistema viario

I) Analisi dell'applicabilita' ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento elencate al punto precedente, anche con riferimento ai tempi di attuazione

I.1 Applicazione delle BAT

I.1.1 Le dimensioni dell'impianto

I.1.2 L'età dell'impianto

I.1.3 Le caratteristiche dei rifiuti trattati

I.1.4 Presenza di vincoli di carattere tecnico

I.1.5 Interventi per l'applicazione delle BAT

J) Fattibilità economica delle tecniche elencate analizzata attraverso analisi costi-benefici

K) Definizione dei criteri di individuazione e utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

K.1 La definizione di BAT

K.1.1 La direttiva 96/61/CE

K.1.2 Impatto ambientale e rischi

K.1.3 Fattibilità tecnico-economica

K.1.4 Processo decisionale per l'individuazione delle BAT

K.2 Criteri di individuazione delle BAT

K.2.1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti

A) SCOPI ED OBIETTIVI

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come "IPPC"), per la redazione di linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD) meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.
A livello comunitario la Commissione Europea (CE) ha istituito da tempo, ai fini dell'attuazione della suddetta direttiva, un apposito "ufficio IPPC" con sede presso il Centro Comunitario di Ricerche di Siviglia. L'ufficio in questione coordina una serie di gruppi tecnici cui spetta il compito di redigere dei documenti di riferimento per l'individuazione delle BAT, i cosiddetti "**B**est Available Techiniques **Ref**erence documents", (BRefs).
Nel presente documento sono riportati i risultati dei lavori del GTR "Gestione dei rifiuti", sottogruppo "Impianti di trattamento chimico fisico e biologico di rifiuti liquidi".
Va evidenziato che l'oggetto delle presenti Linee Guida è trattato solo in parte nel documento Europeo "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" (WT BRef). Si è potuto, comunque, far ricorso anche al "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector" (CWW BRef) che, sebbene indirizzato specificatamente al settore dei reflui industriali, fornisce informazioni dettagliate in merito a diverse operazioni di trattamento chimico fisico e biologico, applicabili anche ai rifiuti liquidi. Nella maggior parte dei casi, infatti, le conformazioni impiantistiche e le soluzioni tecnologiche adottate per il trattamento dei rifiuti liquidi e delle acque reflue sono le medesime; va, tuttavia, rilevato che la categoria di impianti deputata al solo trattamento di acque reflue non è sottoposta alla disciplina IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control).
Si precisa che, nell'ordinamento nazionale, i rifiuti liquidi rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del decreto legislativo 152/2006 ad esclusione, in base alle deroga individuata all'articolo 185, comma b), degli scarichi idrici (esclusi i rifiuti liquidi costituiti da acque reflue), che sono, invece, regolamentati dalla parte terza del decreto legislativo stesso. All'articolo 74, comma 1), lettera ff) viene definita con il tremine di scarico "*qualsiasi immissione di acque reflue in acque superficiali, sul suolo, nel sottosuolo e in rete fognaria, indipendentemente dalla loro natura inquinante, anche sottoposte a preventivo trattamento di depurazione. Sono esclusi i rilasci di acque previsti all'articolo 114; (dighe)*". La parte terza de D.Lgs 152/2006 regolamenta, pertanto, solo le acque reflue che vengono scaricate, nel rispetto dei limiti di legge, nei corpi recettori. In tutti gli altri casi, ivi compreso lo scarico indiretto con trasporto, prevale, invece, la disciplina prevista dalla parte quarta del decreto legislativo.
Scopo principale del presente documento è quello di costituire un riferimento sulle conoscenze tecniche e tecnologiche dello specifico settore, che possa essere di aiuto sia all'operatore in sede di presentazione della domanda di autorizzazione integrata ambientale, sia all'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare la relativa autorizzazione.
A tale fine si è cercato di fornire:

- descrizioni approfondite dei principali processi di trattamento chimico fisico e biologico attualmente utilizzati a livello nazionale ed europeo;
- informazioni riguardo agli attuali livelli di emissioni ed ai consumi di risorse (materie prime ed energia) del settore;

- indicazioni su alcune tecniche che possono costituire BAT di riferimento a livello nazionale, tenuto conto della specifica situazione del settore in Italia.

Sulla definizione delle BAT, in particolare, si intende qui evidenziare che la loro applicabilità non può risultare di carattere generale, essendo fortemente influenzata dalla tipologia di rifiuti trattati, dalle caratteristiche dell'impianto di trattamento e, soprattutto, dalla condizioni locali nel quale lo specifico impianto è installato.

B. IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE RILEVANTE NEL SETTORE

Di seguito, viene riportato un elenco non esaustivo della normativa comunitaria e nazionale in tema di gestione dei rifiuti e di riduzione dell'impatto sull'ambiente che può presentare risvolti sul settore del trattamento dei rifiuti.
L'elenco riportato non ha alcuna pretesa di completezza e non può pertanto costituire un riferimento da adottare nei procedimenti autorizzativi, anche alla luce del fatto che esso non include la normativa regionale, alla quale occorre attenersi per l'esercizio degli impianti.

B.1 Normativa Comunitaria

Direttiva 76/769/CEE del 27 luglio 1976 *concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 84/360/CEE del 28 giugno 1984 *concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.*
Direttiva 85/467/CE del 1° ottobre 1985 *recante sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di ammissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 86/278/CEE del 12 giugno 1986 *concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura*
Direttiva 89/369/CEE dell'8 giugno 1989 *sulla prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 89/429/CEE del 21 giugno 1989 *sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti esistenti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 91/271/CEE del 21 maggio 1991 *concernente il trattamento delle acque reflue urbane.*
Direttiva 91/689/CEE del 12 dicembre 1991 *relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 91/692/CEE del 23 dicembre 1991 *per la standardizzazione e la razionalizzazione delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente.*
Reg. (CEE) n. 793/93 del 23 marzo 1993 "*Valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
Reg. (CEE)n. 1488/94 del 28 giugno 1994 "*Principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, a norma del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio*".
Direttiva 94/31/CE del 27 giugno 1994 *che modifica la Direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 94/67/CE del 16 dicembre 1994 *sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi.*
Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 *sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.*
Decisione 96/350/CE del 24 maggio 1996 *che adatta gli allegati IIA e IIB della Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti.*
Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996 *relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose* (Seveso BIS).
Direttiva 96/59/CE del 16 settembre 1996 *concernente lo smaltimento dei Policlorodifenili e dei Policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Risoluzione 97/76/CEE del 24 febbraio 1997 *Strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti.*
Direttiva 99/31/CE del 26 aprile 1999 *relativa alle discariche dei rifiuti.*
Decisione 2000/532/CE del 3 maggio 2000 *che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art.1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio*

relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.

Direttiva 2000/53/CE del 18 settembre 2000 *relativa ai veicoli fuori uso.*

Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 *che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque*

Direttiva 2000/59/CE del 27 novembre 2000 *relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico.*

Direttiva 2000/76/CE del 4 dicembre 2000 *relativa all'incenerimento dei rifiuti.*

Decisione 2001/68/CE del 16 gennaio 2001 *che definisce i parametri relativi ai PCB ai sensi dell'articolo 10, lettera a) della direttiva 96/59/CE concernente lo smaltimento dei policlorobifenili e policlorotrifenili (PCB/PCT).*

Direttiva 2001/58/CE del 27 luglio 2001 *che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza).*

Decisione 2001/118/CE del 16 gennaio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti istituito dalla Decisione 2000/532/CE.*

Decisione 2001/119/CE del 22 gennaio 2001 *che modifica la Decisione 2000/532/CE che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art. 1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*

Decisione 2001/573/CE del 23 luglio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE.*

Decisione 2001/753/CE del 17 ottobre 2001 *relativa al questionario che gli Stati membri devono utilizzare per le loro relazioni sull'attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*

Decisione 2002/151/CE del 19 febbraio 2002 *relativa ai requisiti minimi per il certificato di rottamazione rilasciato ai sensi dell'art. 5, paragrafo 3 della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*

Decisione 2002/525/CE del 27 giugno 2002 *che modifica l'allegato II della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*

Decisione 2002/1600/CE del 22 luglio 2002 *che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente.*

Decisione 2002/909/CE del 13 novembre 2002 *relativa alle norme italiane che dispensano dagli obblighi di autorizzazione gli stabilimenti o le imprese che provvedono al recupero dei rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 3 della direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*

Regolamento (CE) n. 2150/2002 del 25 novembre 2002 *relativo alle statistiche sui rifiuti.*

Decisione 2003/33/CE del 19 dicembre 2002, *che stabilisce criteri e procedure per l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi dell'articolo 16 e dell'allegato II della direttiva 1999/31/CE.*

Direttiva 2002/95/CE del 27 gennaio 2003 *sulla restrizione d'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche.*

Direttiva 2002/96/CE del 27 gennaio 2003 *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*

Decisione 2003/138/CE del 27 febbraio 2003 *che stabilisce norme di codifica dei componenti e dei materiali per i veicoli a norma della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*

Comunicazione della Commissione Europea del 27 maggio 2003, *Verso una Strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti* - Com(2003)301 definitivo.

Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004 *"Modifiche alla direttiva 94/62/Ce sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio"*
Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004 *concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente*
Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005 *"Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"*- Com(2005)666 definitivo.
Regolamento 782/2005/CE del 24 maggio 2005 *che stabilisce il formato per la trasmissione dei risultati delle statistiche sui rifiuti*
Regolamento 1445/2005/CE del 5 settembre 2005 *che definisce gli opportuni criteri di valutazione della qualità e i contenuti delle relazioni sulla qualità delle statistiche sui rifiuti ai fini del regolamento (CE) n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio*
Direttiva 2006/12/CE del 5 aprile 2006 *relativa ai rifiuti*
Regolamento 2006/1013/CE del 14 giugno 2006 *relativo alle spedizioni di rifiuti*

B.2 Normativa Nazionale

Normativa generale sui rifiuti e sugli impianti di trattamento rifiuti
Deliberazione del Comitato interministeriale 27 luglio 1984 *Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del decreto del Presidente della Repubblica* **10 settembre 1982 n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti**
D.Lgs 27 gennaio 1992, n. 99 *"Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura"*
Legge 28 dicembre 1993, n. 549 "*Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente*" (come modificata dalla **legge 16 giugno 1997, n. 179**).
D.M. 29 ottobre 1997 "*Approvazione statuto CONAI*".
D.M. 5 febbraio 1998 "*Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli artt.31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22*".
D.M. 28 aprile 1998, n. 406 "*Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti*"
D.M. 4 agosto 1998, n. 372 "*Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti*"
D.M. 15 luglio 1998 "*Approvazione statuti consorzi di filiera*".
D.M. 1 aprile 1998, n. 145 "*Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli artt.15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del D.Lgs. 22/97*".
D.M. 1 aprile 1998, n. 148 "*Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli artt. 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4 del D.Lgs. 22/97*".
D.M. 3 settembre 1998, n. 370 "*Regolamento recante le norme concernenti le modalità di prestazione della garanzia finanziaria per il trasporto transfrontaliero dei rifiuti*".
Legge 9 dicembre 1998, n. 426 "*Nuovi interventi in campo ambientale*"
Legge 25 febbraio 2000, n. 33 "*conversione in legge con modificazioni del D.L. 30 dicembre 1999, n. 500 recante disposizioni urgenti concernenti la proroga di termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB nonché l'immediata attuazione di risorse finanziarie necessarie all'attivazione del protocollo di Kyoto*".
Legge 23 marzo 2001, n. 93 "*Disposizioni in campo ambientale*".
Legge 20 agosto 2001, n. 335 "*Conversione in legge del DL 16 luglio 2001, n. 286 recante differimento di termini in materia di smaltimento rifiuti*".

Legge 31 ottobre 2001, n. 399 "*Istituzione di una Commissione parlamentare di inchiesta sul ciclo dei rifiuti*".
Legge 21 dicembre 2001, n. 443 "*Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive*".
Direttiva Ministero dell'ambiente e tutela del territorio 9 aprile 2002 "*Indicazioni per la piena e corretta applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti*".
D.M. 12 giugno 2002, n. 161 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 22/97, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate*".
Legge 31 luglio 2002, n. 179, "*Disposizioni in materia ambientale*" (Collegato ambientale alla Finanziaria 2002).
DPCM 24 dicembre 2002 *Approvazione del nuovo modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2003*
D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 "*Attuazione della Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti*".
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 182, "*Attuazione della direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi ed i residui del carico*".
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 209, "*Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso*".
D.M. 8 maggio 2003, n. 203, "*Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30 % del fabbisogno medesimo*" (Green Public Procurement).
D.P.R. 15 luglio 2003, n. 254 "*Regolamento recante disciplina della gestione dei rifiuti sanitari a norma dell'articolo 24 della legge 31 luglio 2002, n. 179*".
Legge 31 ottobre 2003, n. 306 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee*" (Legge Comunitaria 2003).
D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell' elettricità*".
Legge 15 dicembre 2004, n. 308 "*Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione*"
DPCM 22 dicembre 2004 "*Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2005 - cap. 1 sezione veicoli a fine vita o fuori uso*".
D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133 "*Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti*".
D.Lgs. 25 luglio 2005, n. 151 "*Attuazione della direttiva 2002/95/CE, della direttiva 2002/96/CE e della direttiva 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti*".
D.M. 3 agosto 2005 "*Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica*".
D.M. 17 novembre 2005, n. 269 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi provenienti dalle navi, che è possibile ammettere alle procedure semplificate*"
D.Lgs 23 febbraio 2006, n. 149 "*Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs 24 giugno 2003, n. 209, recante attuazione della direttiva 2000/53/CE in materia di veicoli fuori uso*".
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 "*Norme in materia ambientale*" , *parte IV*
Decreto 5 aprile 2006, n.186 " *Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22"*
D. Lgs 29 aprile 2006, n. 217 "*Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti*".

Decreto 5 maggio 2006 *"Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili"*

Inquinamento atmosferico e contenimento emissioni

D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 18*".

D.P.C.M. 21 luglio 1989 "*Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali*".

D.M. 12 luglio 1990 "*Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione*".

D.P.R. 25 luglio 1991 "*Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989*".

Legge 15 gennaio 1994, n. 65 "*Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992*".

D.M. 15 aprile 1994 "*Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 24 maggio 1991*".

D.M. 21 dicembre 1995 "*Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali*".

D.M. 19 novembre 1997, n. 503 "*Regolamento recante norme per l'attuazione delle Direttive CEE 89/369 e 89/ 429 concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari*".

D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351 "*Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente*".

D.M. 25 agosto 2000 "*Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203*".

D.M. 4 giugno 2001 "*Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337*".

D.P.C.M. 8 marzo 2002 "*Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione*".

D.M. 2 aprile 2002, n. 60 "*Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio*".

Legge 1° giugno 2002, n. 120 "*Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997*".

D.M. 20 settembre 2002 "*Attuazione dell'articolo 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico*".

Decreto 16 gennaio 2004, n. 44 "*Recepimento della direttiva 1999/13/CE relativo alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali ai sensi dell' art. 3, comma 2, del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203*".

Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171 *"Attuazione della direttiva 2001/81/Ce relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici"*

D.Lgs 21 maggio 2004, n. 183 *"Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria".*
D.M. 26 gennaio 2005 *"Istituzione presso la Direzione generale per la salvaguardia ambientale del comitato tecnico previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171"*

Tutela delle risorse idriche
Legge 11 novembre 1996. n. 574 "*Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari".*
D.M. 23 marzo 2000 recante "*Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico".*
D.M. 28 luglio 2004 *"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152".*
D.M. 12-6-2003 n. 185 *"Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*
D.M. 6 luglio 2005 *"Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152"*
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale" , parte III*

Valutazione Impatto Ambientale e IPPC
Legge 8 luglio 1986, n. 349 "*Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 "*Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 27 dicembre 1988 "*Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377*".
D.P.R. 12 aprile 1996 "*Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale*".
D.P.R. 11 febbraio 1998 "*Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6*".
D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348 "*Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere*".
D.P.C.M. 3 settembre 1999 "*Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale*".
D.M. 23 novembre 2001 "*Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372*" (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES).
D.M. 26 aprile 2002 "*Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999*".
Legge 1° marzo 2002, n. 39 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee*" (Legge Comunitaria 2002).
D.M. 19 novembre 2002 "*Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999*".
D.L. 24 dicembre 2003, n. 355 così come convertito con modificazioni in **legge 27 febbraio 2004, n.47** "*Proroga di termini previsti da disposizioni legislative*".

D.M. 1° aprile 2004 *"Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale"*.
D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 *"Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento"* (IPPC).

Sicurezza e Igiene del Lavoro
D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547 *"Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro"*.
D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 *"Norme generali per l'igiene del lavoro"*.
Legge 5 marzo 1990, n. 46 *"Norme per la sicurezza degli impianti"*.
D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447 *"Regolamento di attuazione della legge 46/90 in materia di sicurezza degli impianti"*.
D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 *"Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro"*.
D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 *"Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale"*.
D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242 *"Modifiche ed integrazioni al Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante l'attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro"*.
D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493 *"Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro"*.
D.M. 10 marzo 1998 *"Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro"*.
D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 66 *"Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro" (TITOLO VII del D.Lgs. 626/94)*.
D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25 *"Attuazione della direttiva 1998/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro"*.
D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233 *"Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive"* (TITOLO VIII-bis del D.Lgs. 626/94).
D.Lgs. 23 giugno 2003, n. 195 *"Capacità e requisiti professionali richiesti agli addetti ed ai responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori"*.
D.Lgs. 8 luglio 2003, n. 235 *"Requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori"*.
D.M. 26 febbraio 2004 *"Definizione di una prima lista di valori limite indicativi di esposizione professionale agli agenti chimici"*.
D.M. 3 novembre 2004 *"Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio"*.
D.Lgs.19 agosto 2005, n. 187 *"Attuazione della direttiva 2002/44/Ce sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche"*.

Inquinamento acustico
D.P.C.M. 1° marzo 1991 *"Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"*.
Legge 26 ottobre 1995, n. 447 *"Legge quadro sull'inquinamento acustico"*.
D.M. 11 dicembre 1996 *"Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo"*.

D.P.C.M. 14 novembre 1997 "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*".
D.M. 16 Marzo 1998 "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*".
D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 *"Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto"*.
D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194 *"Attuazione della direttiva 2002/49/Ce relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale"*.

Sostanze pericolose
R.D. 18 giugno 1931, n. 773 "*Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza*".
D.M. 3 dicembre 1985 "*Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delleComunità europee*".
D.M. del 23 febbraio 1988, n. 84 "*Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi*".
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 216 "*Attuazione della direttiva CEE 85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 76/769 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183*".
D.M. 11 febbraio 1989 "*Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB*".
D.M. 17 gennaio 1992 "*Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT)*".
D.M. 29 luglio 1994 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 89/677, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 febbraio 1994, n. 146*".
D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52 "*Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".
D.M. 4 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza*".
D.M. 28 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".
D.M. 12 agosto 1998 "*Recepimento delle direttive 94/60/CE, 96/55/CE, 97/10/CE, 97/16/CE, 97/56/CE e 97/64/CE recanti modifiche alla direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi* ".
D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 174 "*Disciplina sanzionatoria per le violazioni delle disposizioni del regolamento (CEE) n. 793/93 relativo alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 209 "*Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili*".
D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334 "*Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose*".
D.M. 26 gennaio 2001 "*Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva 2000/32/CE*".

D.M. 11 aprile 2001 *"Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose".*
D.M. 11 ottobre 2001 *"Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento".*
D.M. 7 settembre 2002 *"Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio".*
D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65 *"Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi".*
D.M. 3 luglio 2003, n. 194 *"Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE del 22 dicembre 1998 della Commissione, che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE del Consiglio relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose".*
D.Lgs. 25 luglio 2006, n. 257 *"Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro"*

C) RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE SPECIFICITA' DEL TESSUTO INDUSTRIALE NAZIONALE

Il settore del trattamento dei reflui e dei rifiuti liquidi è caratterizzato da una particolare complessità, dovuta a molteplici fattori, principalmente legati alla numerosità ed all'estensione territoriale degli impianti, alla varietà di tipologie di trattamento adottate ed all'esistenza di numerose soluzioni impiantistiche.
Al fine di tracciare un quadro di riferimento sulla situazione impiantistica in Italia, relativamente al trattamento chimico-fisico e biologico dei rifiuti liquidi, appositi censimenti vengono condotti e pubblicati, nei Rapporti annuali sulla gestione dei rifiuti, dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici.

D) DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE E DEGLI IMPIANTI PER I QUALI SONO ANALIZZATE LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

D.1 Introduzione

Le misure di prevenzione della produzione di rifiuti rappresentano, senz'altro, la prima opzione al fine di pervenire ad una riduzione dell'utilizzo delle risorse e ad una minimizzazione delle emissioni nell'ambiente.
Mediante l'ottimizzazione dei processi produttivi è possibile ridurre la produzione di residui direttamente alla fonte, prima ancora che essi diventino rifiuti, ed ottenere, in molti casi, una limitazione dei costi di trattamento nonché un incremento dell'efficienza economica grazie ad una migliore resa di processo e/o ad una riduzione della materia prima utilizzata. Ciononostante, le operazioni di trattamento dei rifiuti continueranno ancora ad avere un ruolo essenziale, ai fini di un controllo delle emissioni nell'ambiente, soprattutto per quei processi o impianti industriali per cui adeguate misure di integrazione, volte ad ottimizzare i cicli produttivi, risultano di difficile attuazione (si vedano, in particolar modo, impianti o processi produttivi già esistenti).
I rifiuti liquidi, che vengono in genere avviati a centri di trattamento polifunzionali o ad impianti di depurazione di acque reflue, possono essere distinti in base alle rispettive caratteristiche qualitative che dipendono, sostanzialmente, dal processo produttivo di origine e dalle sostanze contenute; le principali classificazioni sono:

- reflui organici biodegradabili
- reflui contenenti sostanze organiche biorefrattarie
- reflui contenenti solidi sospesi
- acque di verniciatura
- acque di lavaggio
- reflui contenenti metalli pesanti
- reflui contenenti solventi
- reflui contenenti cianuri
- reflui contenenti Cr(VI)
- emulsioni oleose
- percolati di discarica
- reflui contenenti ammoniaca
- reflui contenenti oli
- soluzioni acide esauste
- soluzioni alcaline esauste
- fanghi pompabili provenienti da trattamento chimico-fisico
- fanghi pompabili provenienti da trattamento biologico

La classificazione sopra riportata si basa su criteri tecnologici e trae origine dalla considerazione che l'effettiva processabilità di un rifiuto in un centro dotato di specifiche linee di trattamento chimico-fisico e/o biologico, è direttamente connessa alle caratteristiche qualitative del rifiuto stesso, spesso ancor più che all'identificazione dell'attività produttiva di provenienza.
Per le caratteristiche dei reflui prodotti dalle principali attività industriali si rimanda ai BRef specifici di settore o alla letteratura tecnica sull'argomento.
Il corretto funzionamento di un depuratore chimico-fisico e ancor più di uno biologico, dipendono dalla costanza quali-quantitativa della sua alimentazione; se tale condizione può essere realizzata con attenzione presso i depuratori di acque reflue urbane o presso i depuratori al servizio di specifiche linee di produzione industriali, molta più cura richiede un depuratore destinato a ricevere reflui estremamente diversi tra loro, come nel caso dei centri polifunzionali.

E' pertanto essenziale che ogni linea di depurazione del centro sia dotata di adeguate sezioni di stoccaggio ed omogeneizzazione, nelle quali attuare per partite omogenee, secondo gli indirizzi del laboratorio chimico, opportune miscele dei reflui e regolarne il dosaggio ai depuratori sia in termini di natura chimico-fisica, che di richiesta di carico e di nutrienti da parte della biomassa. Va rilevato che sebbene il trattamento chimico-fisico di chiariflocculazione ed i trattamenti biologici di tipo aerobico coprano la maggior parte del fabbisogno di smaltimento, la gamma di trattamenti ai quali possono essere sottoposti i rifiuti liquidi è, in generale, molto ampia.
Diverse possono essere, inoltre, le configurazioni impiantistiche; a titolo esemplificativo vengono di seguito schematizzate quelle più frequentemente adottate sia per quanto concerne gli impianti dedicati al trattamento dei soli rifiuti liquidi sia per quanto riguarda gli impianti "misti" che effettuano il trattamento combinato di acque reflue e rifiuti liquidi (figure D.1 – D.2).

Figura D.1 Configurazioni impiantistiche dei trattamenti chimico-fisici e biologici dei rifiuti liquidi in impianti "dedicati"

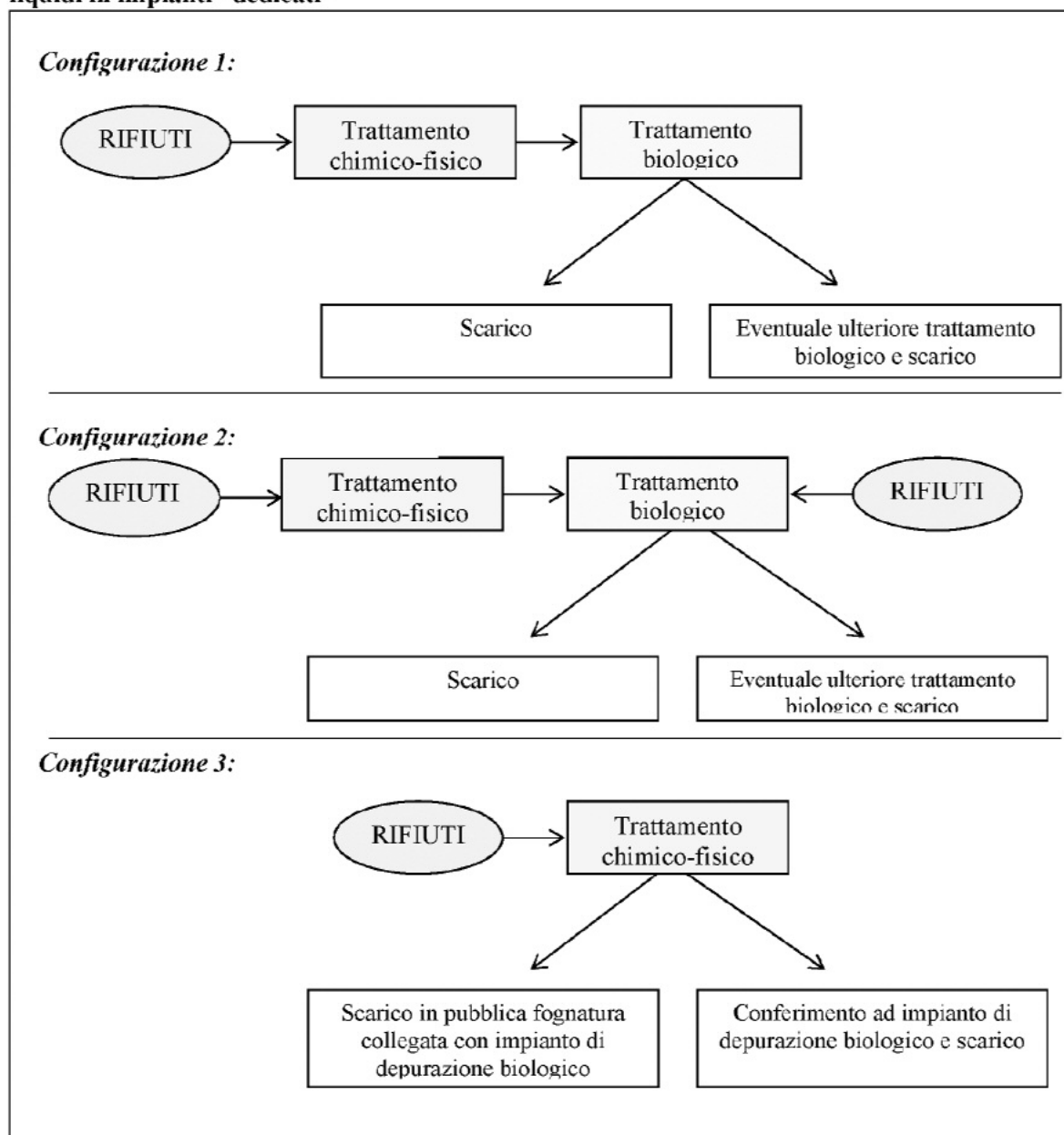



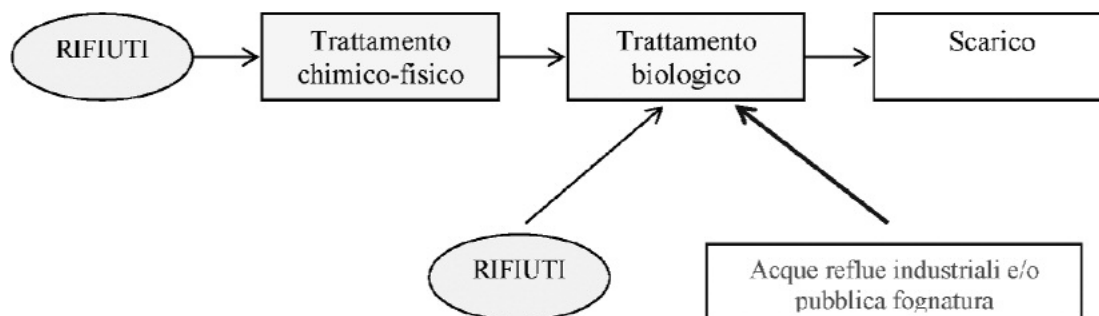
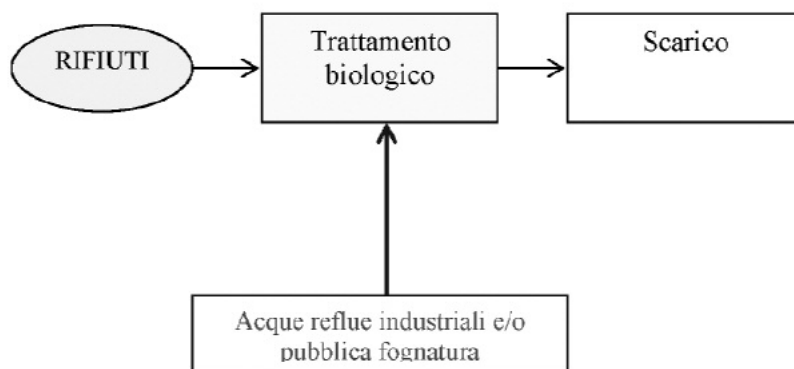
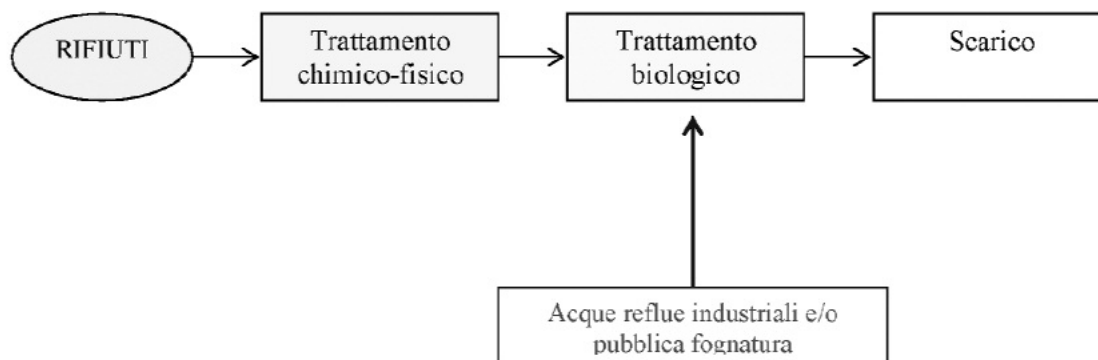
Figura D.2 – Configurazioni impiantistiche dei trattamenti chimico-fisici e biologici dei rifiuti liquidi in impianti "misti"

In tabella D.1 viene riportato uno schema dei principali processi individuati per il trattamento dei rifiuti liquidi e dei fanghi pompabili, mentre, in tabella D.2 vengono descritte alcune delle tecnologie comunemente adottate per la rimozione dei maggiori contaminanti. Tali tabelle sono frutto di elaborazioni condotte a livello europeo (documento di lavoro "Second Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries", Gennaio 2004, e "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"), per cui non intendono rappresentare la situazione italiana del settore e non devono essere in alcun modo interpretate come un elenco esaustivo e definitivo di trattamenti applicabili alle diverse tipologie di rifiuto (che risultano decisamente molto più numerosi).

Tabella D.1: Principali processi di trattamento dei rifiuti liquidi

Tipo di rifiuto	Trattamento biologico	Trattamento chimico-fisico	Riciclaggio	Uso come combustibile
Liquidi				
Oli esausti (inclusi quelli di origine vegetale), oli contaminati con acqua.			●	●
Emulsioni di oli e acqua	●	●		●
Rifiuti acquosi contaminati con olio		●		●
Idrocarburi liquidi e semi-solidi (ad es. vernici, solventi viscosi)			●	●
Solventi organici			●	●
Acidi e basi			●	
Acque reflue	●			
Liquidi acquosi biodegradabili (ad es. rifiuti alimentari, metanolo e altri solventi miscibili con acqua)	●			
Reflui contenenti acidi/basi neutralizzati, metalli precipitati e altro particolato solido		●		
Acido cloridrico, solforico, nitrico, fluoridrico, fosforico e sali derivanti da acidi (ad es. cloruro di argento)		●		
Sali e soluzioni contenenti cianuro, pesticidi, biocidi e contaminati da prodotti preservanti del legno.		●		
Ossido di cromo (CrO_3)		●		
Sali di cianuro, ad es., cianuro di sodio da trattamenti di superfici metalliche		●		
Metalli in soluzione (ad es. Zn, Ni, Cr, Pb, Cu)		●		
Fanghi				
Fanghi da impianti di trattamento acque reflue				●
Miscele olio/acqua	●	●		●
Effluenti da operazioni di disidratazione (anche usati per rifiuti acquosi contaminati con olio)		●		
Fanghi da operazioni di sedimentazione		●		

Fonte: "Second Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries"

Tabella D.2: Tecnologie di rimozione dei principali contaminanti dei rifiuti liquidi

Tecnica di trattamento	SS	BOD COD TOC	COD bio-refrattario	AOX EOX	N-totale	N-NH_4 (NH_3)	P-PO_4	Metalli Pesanti	Fenoli	Oli
Sedimentazione/Flocculazione	●	● [a]						● [h]		
Flottazione	●	● [b]						● [h]		●
Filtrazione	●	● [a]						● [h]		
Microfiltr./ultrafiltrazione	● [c]	● [a]								
Separazione emulsioni oleose		●								●
Precipitazione chimica							●	●		
Cristallizzazione							●	●		
Ossidazione chimica		●	●	●					●	
Ossidazione ad umido (wet air oxidation)		●	●	●					●	
Ossidaz.conacqua supercritica		●	●	●					●	
Riduzione chimica										
Idrolisi chimica										
Nanofiltrazione/osmosi inversa		●	●	●				●		
Adsorbimento		●	●	●				●		
Scambio ionico		● [d]						●		
Estrazione con solvente		●	●	●						
Distillazione o rettifica		●	●	●						
Evaporazione		● [e]						●		
Strippaggio con aria		● [f]		●		●				
Digestione anaerobica		●		● [g]	● [g]			● [j]		
Digestione aerobica		●		● [g]			●		●	
Nitri/denitrificazione					●	●				

Note alla tabella:
[a] solo solidi
[b] frazione organica non solubile
[c] finemente dispersi e a bassa concentrazione
[d] composti organici ionici
[e] composti organici non volatili
[f] composti organici volatili
[g] solo la frazione biodegradabile
[h] composti metallici non solubili
[j] precipitati come solfuri in presenza di solfati

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

D.2 Trattamenti chimico-fisici dei rifiuti liquidi

In questo paragrafo vengono descritti i principali processi chimico-fisici che trovano normalmente applicazione nel trattamento dei rifiuti liquidi e vengono associate, a ciascun processo, le tipologie di rifiuti trattabili in funzione delle sostanze contenute.
Gli impianti di trattamento chimico fisico, progettati per garantire il massimo recupero di materiali riciclabili con il minimo utilizzo di materiali ausiliari, sono utilizzati al fine di:

- consentire il raggiungimento degli obiettivi di protezione ambientale, ed in particolare, nel caso di trattamento di rifiuti liquidi, garantire la salvaguardia delle risorse idriche. Gli impianti di trattamento chimico fisico, pertanto, sono finalizzati alla rimozione delle sostanze pericolose e/o alla loro conversione in sostanze non pericolose;

- consentire, in generale, un corretto smaltimento di elevati quantitativi di rifiuti liquidi acquosi e di rifiuti liquidi che richiedono particolari modalità di gestione.

L'attività di trattamento può essere effettuata presso impianti dedicati, oppure come pretrattamento in impianti misti in cui, a valle della sezione chimico-fisica è prevista una sezione di depurazione biologica destinata, eventualmente, anche al trattamento degli scarichi idrici di processo prodotti in proprio o, comunque, convogliati tramite condotta fognaria. Nelle presenti Linee Guida, per impianti di trattamento chimico-fisico si intendono quelli a valle dei quali i rifiuti liquidi trattati possono essere recapitati nei corpi idrici recettori senza ulteriori trattamenti; si definiscono, invece, impianti di pretrattamento chimico-fisico quelli a valle dei quali i rifiuti liquidi sono dotati ancora di un carico inquinante tale da richiedere ulteriori trattamenti biologici, anche presso impianti diversi, prima dello scarico nei corpi idrici recettori.
Gli impianti di trattamento chimico-fisico ricevono, generalmente, rifiuti liquidi acquosi o fanghi caratterizzati da un elevato contenuto di acqua (>80% p/p) operando la rimozione delle sostanze contaminanti, ad esempio mediante reazioni di ossidazione, riduzione e neutralizzazione e/o attraverso operazioni di filtrazione, sedimentazione, distillazione, scambio ionico, ecc. L'acqua viene, successivamente, destinata ad ulteriori trattamenti prima di essere scaricata, nel rispetto delle disposizioni fissate dalla normativa in materia di acque, nel sistema fognario o nei corpi recettori.
Gli impianti vengono configurati caso per caso a seconda dei requisiti richiesti o del tipo di applicazione a cui sono destinati; ogni singolo impianto è, pertanto, caratterizzato da una propria specifica dotazione tecnologica e gestionale strettamente dipendente della tipologia di rifiuto trattato e, per tale ragione, non può essere individuata una tipologia standard di trattamento chimico-fisico. Infatti, sebbene tutti gli impianti prevedano, in generale, la presenza di laboratori ed ispezioni regolari per il monitoraggio dei processi e tendano ad effettuare, principalmente, operazioni di neutralizzazione, le differenti modalità di pretrattamento e gestione dei fanghi adottate e le diverse combinazioni dei flussi di rifiuti in entrata fanno sì che ogni processo sia da considerarsi praticamente unico.
Gli impianti di trattamento chimico-fisico possono operare:

- in continuo (particolarmente indicato per elevati flussi in entrata, per i rifiuti caratterizzati da una composizione relativamente costante e per operazioni automatizzate)
- in batch (particolarmente indicato per il trattamento di rifiuti caratterizzati da una composizione e da una reattività molto variabile)

Le operazioni unitarie tipicamente utilizzate sono: setacciatura, stoccaggio, neutralizzazione, sedimentazione, precipitazione/flocculazione, scambio ionico, ossidazione/riduzione, adsorbimento/absorbimento, evaporazione/distillazione, filtrazione su membrana, strippaggio, estrazione, filtrazione, disaggregazione delle emulsioni oleose. Frequentemente, per il corretto trattamento, è necessario combinare più operazioni unitarie sulla base della specifica composizione del rifiuto liquido e della sua reattività.

D.2.1 Separazione meccanica dei componenti non solubili

Le sostanze insolubili contenute nei rifiuti liquidi possono essere di diverso tipo e, più in particolare, possono consistere in materiali inerti, sostanze pericolose quali metalli pesanti e loro composti, liquidi immiscibili con l'acqua (ad esempio oli e grassi) e particelle colloidali. Le principali tecniche finalizzate alla separazione di tali contaminanti vengono di seguito descritte.

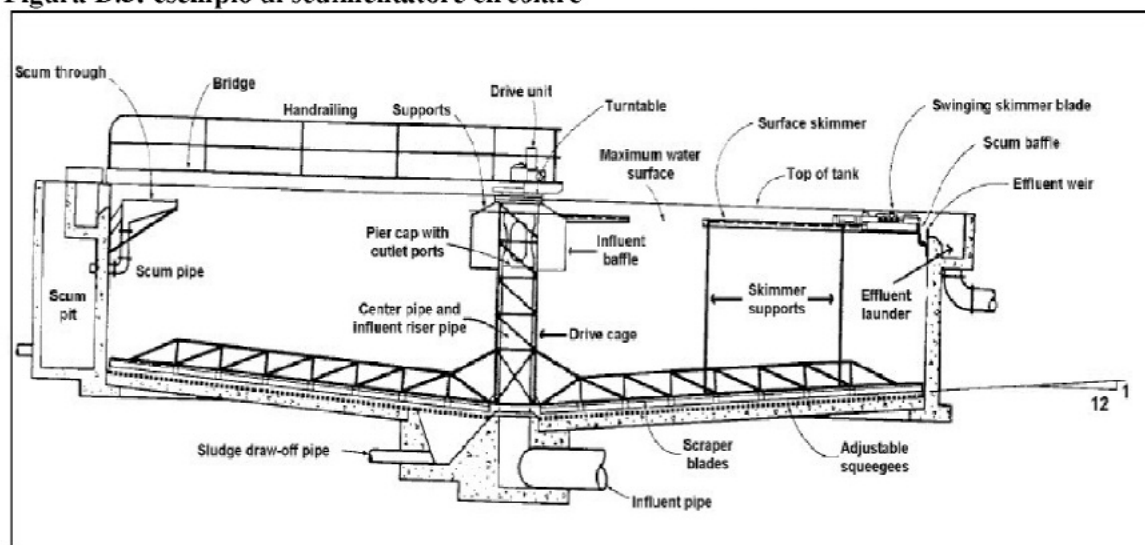
D.2.1.1 Sedimentazione/flocculazione

Per sedimentazione si intende l'operazione di separazione dall'acqua delle particelle solide e del materiale in sospensione mediante precipitazione gravitazionale (ad esempio, ispessimento dei

fanghi). I solidi precipitati vengono rimossi come fanghi dal fondo del sedimentatore mentre i materiali flottanti vengono raccolti per scrematura dalla superficie.
Per la separazione di alcune particelle può essere sfruttata la semplice precipitazione gravitazionale mentre per altre, caratterizzate da densità troppo simile a quella dell'acqua o tendenti a formare colloidi, è richiesta l'aggiunta di specifici flocculanti chimici quali:

- Solfato di alluminio
- Solfato ferroso
- Cloruro di ferro (II/III)
- Calce
- Polialluminio cloruro
- Polialluminio solfato
- Polimeri organici

L'agente flocculante determina la destabilizzazione del campo elettrico colloidale, ovvero l'annullamento delle cariche elettriche superficiali che ostacolano l'aggregazione delle particelle. Si formano, in tal modo, fiocchi in grado di coagulare ed agglomerare le piccole particelle sospese (calce, silice, ferro, metalli pesanti, coloranti, sostanze organiche) che vengono adsorbite superficialmente e collegate a ponte, andando a formare aggregati di dimensioni e peso maggiori che tendono facilmente a decantare (flocculazione).
I sedimentatori più utilizzati sono quelli "a fondo piatto", di forma rettangolare o circolare (figura D.3), dimensionati in modo da garantire un tempo di residenza di circa 1½ - 2½ ore e dotati di un raschiatore di fondo per la raccolta dei fanghi e di un sistema di sfioro e captazione dei materiali surnatanti.

Figura D.3: esempio di sedimentatore circolare

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

<u>Dati operativi</u>

I risultati delle tecniche di chiariflocculazione per sedimentazione o flottazione dipendono dalla granulometria delle particelle e dal loro peso specifico.
Al fine di agevolare la sedimentazione o la flottazione o per minimizzare la variabilità delle caratteristiche dei solidi sospesi nel refluo da trattare, si ricorre, spesso, all'aggiunta di reagenti chimici.

Il processo richiede, inoltre, un costante monitoraggio del pH e del contenuto di composti volatili, o suscettibili di sviluppare reazioni di fermentazione, affinché sia evitata l'emissione di odori molesti e sia garantita una buona chiarificazione.
Emulsioni stabili, come quelle oleose, non possono essere trattate con tecniche di chiariflocculazione, ma richiedono un pretrattamento per la separazione della fase oleosa da quella acquosa; solo quest'ultima viene, successivamente, avviata alla chiariflocculazione.
Nel caso specifico di applicazioni riguardanti rifiuti liquidi provenienti dal settore chimico i trattamenti di sedimentazione possono consentire il raggiungimento delle seguenti prestazioni:

Parametro	Rimozione (%)	Livello dell'emissione (mg/l)	Note
SS	60 – 90	<10	Dopo la chiarificazione finale negli impianti centralizzati di trattamento delle acque reflue urbane
Solidi sedimentabili	90 – 95		
Metalli pesanti			Sotto forma di materiale particolato; si veda precipitazione (D.2.2.5)

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Per quanto riguarda i processi di sedimentazione primaria condotti negli impianti di depurazione delle acque reflue urbane, i valori tipici di rimozione sono, invece:

Parametro	Efficienza di rimozione senza coagulanti chimici (%)	Efficienza di rimozione con coagulanti chimici (%)
BOD_5	25-40	40-70
COD	20-35	30-60
SS	40-70	60-90
Azoto organico	10-20	20-40
Fosforo	5-10	70-90
Carica batterica	50-60	80-90

Fonte: "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" – ANPA/Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ANPA 1/2001

Le sostanze solide sospese possono includere anche particolato di natura organica; in tal caso la chiariflocculazione contribuisce a ridurre il COD del refluo trattato in misura proporzionale a quanto lo stesso si presenta in forma di materiale insolubile.
L'effluente deve essere regolarmente monitorato per valutare i seguenti fattori:

- contenuto di solidi sospesi
- contenuto di solidi sedimentabili
- torbidità
- pH (nel caso di aggiunta di flocculanti)

Talvolta i rifiuti liquidi possono contenere sostanze volatili suscettibili di causare odori; in tali casi può rendersi necessario dotare la sezione di flocculazione di una copertura, ed avviare i gas che si sviluppano ad un adeguato sistema di trattamento.
Nella quasi totalità dei casi le tecniche di sedimentazione/chiariflocculazione dei rifiuti liquidi sono utilizzate come fase propedeutica ad un successivo trattamento biologico.

Campo di applicazione

La sedimentazione è una tecnica largamente utilizzata per separare con efficacia i materiali in sospensione dalle acque ed è, in genere, impiegata, in combinazione con altre operazioni unitarie, nei trattamenti di depurazione delle acque reflue urbane ed industriali; nel caso dei rifiuti liquidi (che possono essere, peraltro, trattati in impianti di depurazione di acque reflue) essa trova applicazione soprattutto:

- nella chiarificazione di reflui di processo da sabbia e altri inerti
- nella chiarificazione, con l'aggiunta di opportuni flocculanti, di reflui di processo da materiali quali composti metallici emulsionati, polimeri e loro monomeri
- nella separazione di metalli pesanti o altri componenti disciolti, dopo loro precipitazione
- nella rimozione del fango attivo, spesso mediante l'utilizzo di additivi chimici, nei sedimentatori primari o secondari dei depuratori biologici (ad esempio, negli impianti di depurazione delle acque reflue urbane)

Vantaggi e svantaggi

I vantaggi e gli svantaggi della sedimentazione sono:

Vantaggi	Svantaggi
• tecnica largamente utilizzata per separare con efficacia i materiali in sospensione dalle acque • richiede bassi costi per elevati volumi di acqua depurata • processo affidabile, adatto al controllo automatico	• il fango sedimentato e le schiume derivanti dalla scrematura devono essere smaltiti come rifiuti e, qualora contenenti sostanze tossiche, devono essere trattati in maniera appropriata • possibile rilascio di emissioni osmogene; in tal caso può essere richiesta una copertura del bacino di sedimentazione

D.2.1.2 Flottazione

La flottazione è un processo finalizzato alla separazione delle particelle liquide o solide caratterizzate da bassa densità, sospese in un fluido; può essere naturale o forzata, ossia con insufflazione di aria (o altro gas inerte) dal fondo del bacino e conseguente trascinamento verso l'alto delle particelle più leggere.

Un tipico esempio di applicazione del processo di flottazione è rappresentato dalla separazione degli oli dall'acqua (disoleatura); in tal caso si ricorre, frequentemente, al dosaggio di reagenti (normalmente acidi) in grado di favorire la rottura dell'emulsione olio/acqua e consentire, quindi, la separazione dei due liquidi.

Le tecniche di flottazione, distinguibili in base alle modalità con cui viene operata l'addizione di aria, sono, essenzialmente, di tre tipi:

- *flottazione sotto vuoto*, che prevede la saturazione del rifiuto liquido con aria a pressione atmosferica seguita dall'applicazione di un vuoto parziale; ciò determina la formazione di bolle d'aria che salendo verso l'alto trascinano le particelle leggere in superficie ove avviene la rimozione mediante scrematura
- *flottazione per induzione d'aria* (Induced Air Flotation, IAF), che prevede l'immissione di aria nel rifiuto liquido attraverso un apposito dispositivo diffusore
- *flottazione per dissoluzione d'aria* (Dissolved Air Flotation, DAF), in cui l'aria viene disciolta nel rifiuto liquido mantenuto in pressione (0,4-0,8 MPa, o 1,0-1,2 MPa per i composti dell'alluminio) e quindi rilasciata verso la superficie sotto forma di bollicine, in seguito a depressurizzazione.

Dati operativi

A seconda della tipologia di rifiuto liquido trattato, può essere prevista la copertura del bacino di flottazione ed il convogliamento dell'aria ad un adeguato sistema di abbattimento delle emissioni gassose. Gli impianti sono dotati, ovviamente, di apposite sezioni per lo stoccaggio dei flocculanti/coagulanti chimici e del materiale derivante dalla scrematura.

Vengono di seguito riportate le prestazioni, in termini di rimozione di alcune tipologie di inquinanti ed i livelli di emissioni, provenienti da elaborazioni condotte a livello europeo ("Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"). In particolare è necessario tenere in considerazione che i valori di rimozione sono fortemente influenzati dalla tipologia di rifiuto in entrata nel sistema.

Parametro	Rimozione (%)	Livello dell'emissione (mg/l)	Note
SS	90 – 98	-	
	85 –96	10 -20	Fango attivato dopo la chiarificazione finale, input 20 – 250 mg/l
Oli		10 –20	trattamenti IAF e DAF in raffinerie
		2 - 10	Dopo alcuni trattamenti API in serie
Solfuri metallici	95		trattamenti IAF e DAF in raffinerie

Fonte: "Reference Document on BAT in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Il processo di flottazione è negativamente influenzato dalla presenza di sostanze schiumogene che devono, pertanto, essere escluse dal trattamento.

Campo di applicazione

La flottazione può essere utilizzata nei casi in cui la sedimentazione non è attuabile, ovvero quando:

- le particelle sono caratterizzate da scarsa sedimentabilità
- il rifiuto liquido e le particelle sospese hanno una densità molto simile
- vi è una limitata disponibilità di spazio nel sito di trattamento
- devono essere rimossi oli e grassi

La flottazione trova applicazione, principalmente:

- nelle raffinerie e nelle industrie petrolchimiche come operazione preliminare (separazione degli oli) al trattamento biologico di depurazione
- nella rimozione di coloranti e pigmenti
- nel recupero di prodotti o materie prime quali, ad esempio, toluene (da emulsioni toluene/acqua), alogenuri di argento (industria fotografica), polisilani
- nella separazione dei metalli pesanti dal rifiuto liquido o dal refluo
- nella separazione e nell'ispessimento dei fanghi attivi derivanti dai processi di depurazione

Vantaggi e svantaggi

I vantaggi e gli svantaggi della flottazione sono:

Vantaggi	Svantaggi
• minori volumi richiesti e, pertanto, minori costi di investimento rispetto alla sedimentazione • efficienza della rimozione non influenzata dalla variazione di carico idraulico e, pertanto, superiore rispetto a quella della sedimentazione • rende possibile il recupero di materia • elevata efficienza di separazione; consente di pervenire ad una maggiore disidratazione del materiale rispetto alla sedimentazione	• possibilità di intasamento delle valvole e degli ugelli • rilascio di emissioni osmogene; in genere è richiesta una copertura del flottatore • costi operativi più elevati rispetto alla sedimentazione

D.2.1.3 Filtrazione

La filtrazione è un'operazione che consente di separare le particelle solide contenute in un fluido mediante il passaggio di quest'ultimo attraverso un mezzo poroso. Il processo si basa sulla presenza, all'interno del sistema, di un gradiente di pressione provocato dalla forza di gravità, da forze centrifughe, oppure dall'applicazione di un vuoto o di pressioni superiori a quella atmosferica.

Dati operativi

Alcuni fattori che caratterizzano il mezzo filtrante sono:

- granulometria (ad es., dimensione massima delle particelle che possono passare attraverso il mezzo filtrante)
- permeabilità (più alta è la permeabilità minore è la perdita di carico)
- stabilità chimica nei confronti delle sostanze sottoposte a filtrazione
- tendenza ad intasamento
- resistenza meccanica
- regolarità della superficie per facilitare le operazioni di pulizia

A seconda della tipologia di rifiuto liquido trattato, può essere necessario prevedere la copertura del bacino di filtrazione ed il convogliamento dell'aria ad un adeguato sistema di abbattimento delle emissioni gassose.

Vengono di seguito riportati alcuni dati, tratti dal "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector", relativi alle prestazioni dei processi di filtrazione applicati nel settore chimico. Tali dati sono da ritenersi, ovviamente, puramente indicativi essendo, gli effettivi valori di rimozione, fortemente influenzati dalle caratteristiche del rifiuto liquido trattato.

Parametro	Rimozione (%)	Livello dell'emissione (mg/l)	Note
SS		<10	Fiocchi di fanghi attivati
	Fino al 99% e comunque superiore al 50%		Filtri a sabbia, in funzione delle dotazioni del sistema filtrante
Oli		<5	

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Campo di applicazione

Nei processi di trattamento di rifiuti liquidi industriali la filtrazione viene adottata per la chiarificazione dell'effluente (in combinazione, ad esempio, con processi di adsorbimento su carbone attivo) e per la disidratazione dei fanghi. In quest'ultimo caso l'operazione viene di solito effettuata mediante l'utilizzo di filtropresse o nastropresse. Va rilevato che i filtri richiedono frequenti operazioni di lavaggio attuate, generalmente, mediante l'utilizzo di acqua in controcorrente.

Esempi di sistemi filtranti tipicamente impiegati sono:

- *filtri a sabbia*, frequentemente utilizzati negli impianti di depurazione delle acque reflue (il mezzo filtrante non è costituito necessariamente da sabbia in senso stretto) in presenza di un basso contenuto di solidi
- *filtri a tamburo rotante*, utilizzati per il trattamento di acque reflue e per la rimozione dei fiocchi dei fanghi attivi
- *filtri a vuoto rotanti*, particolarmente indicati per operazioni preliminari di filtrazione, ad esempio, nei trattamenti di disidratazione dei fanghi oleosi
- *nastropresse e filtropresse*, frequentemente utilizzate per la disidratazione dei fanghi ma anche per le operazioni di separazione solido/liquido; le filtropresse sono particolarmente indicate nel caso in cui vengano trattati reflui con un elevato contenuto di solidi
- *filtri a membrana*, tecniche emergenti che trovano applicazione in particolar modo nella rimozione di particelle solide e di materiale organico (per maggiori dettagli si vedano paragrafi D.2.1.4 e D.2.2.1).

I filtri a sabbia sono costituiti da un letto filtrante granulare mono o multimateriale e possono operare in maniera semicontinua, nel caso in cui la filtrazione ed il lavaggio in controcorrente vengano condotti in sequenza sullo stesso letto filtrante, o in continuo, qualora la filtrazione ed il lavaggio avvengano simultaneamente su due letti filtranti distinti. Le principali differenze tra le due modalità operative sono:

- nei sistemi semicontinui la filtrazione può essere condotta finché la concentrazione dei solidi sospesi nell'effluente non supera un determinato livello o non viene raggiunto un valore limite di perdita di carico lungo il letto filtrante
- nei sistemi continui non vi sono limitazioni legate alla crescita di torbidità della soluzione o al raggiungimento del valore limite di perdita di carico.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi dei processi di filtrazione sono:

Vantaggi	Svantaggi
• elevate rimozioni • in determinate condizioni consentono di rimuovere altri contaminanti (ad esempio oli) oltre ai materiali solidi sospesi	• possibili intasamenti dei sistemi filtranti a sabbia che operano in maniera semicontinua • possibilità di intorbidimento dovuto alla presenza di solidi sospesi

D.2.1.4 Microfiltrazione ed ultrafiltrazione

La microfiltrazione e l'ultrafiltrazione sono processi a membrana finalizzati alla separazione del liquido in due frazioni denominate, rispettivamente, permeato (frazione che attraversa la membrana) e concentrato (frazione trattenuta). L'azione di ritenzione della membrana è influenzata esclusivamente dalla dimensione, dalla forma e dalla flessibilità delle molecole: la membrana agisce come un setaccio, impedendo fisicamente il passaggio delle molecole sospese o disciolte che sono troppo grandi per fluire attraverso i suoi pori. La forza motrice del processo è rappresentata dalla differenza di pressione esistente ai due lati della membrana.

Dati operativi

Le membrane sono disponibili in diversi materiali e configurazioni. La scelta dipenderà dalla specifica applicazione e dalla natura del rifiuto liquido da trattare; le caratteristiche di resistenza dei materiali che costituiscono la membrana sono, infatti, influenzate dalla natura delle sostanze contenute nel rifiuto liquido.

Materiali utilizzabili per le membrane da microfiltrazione sono, ad esempio:

- fibra di vetro
- policarbonato
- polivinildenfluoruro (PVDF)
- acetato di cellulosa
- poliammide

Per l'ultrafiltrazione sono, in genere, utilizzati materiali polimerici quali, ad esempio:

- acetato di cellulosa
- poliammide
- poliimmide
- policarbonato
- polivinilcloruro (PVC)
- polisulfone
- polieteresulfone
- poliacetale
- copolimeri acrilonitrile-vinilcloruro
- complessi polielettroliti
- polivinilalcol o poliacrilati

Le membrane in PVDF offrono il vantaggio di poter essere pulite con acidi forti, soda caustica ed agenti sbiancanti.

In generale, va rilevato che i materiali di cui sono costituite le membrane possono risultare vulnerabili ad attacco chimico da parte delle sostanze contenute nel rifiuto liquido sottoposto a trattamento. Le membrane sono, inoltre, soggette a "sporcamento" a causa della deposizione di particelle e della precipitazione e/o cristallizzazione dei soluti sulla superficie o all'interno dei pori.

Dopo il trattamento il concentrato occupa, in genere, un volume pari a circa il 10% del volume entrante con una concentrazione, delle diverse sostanze, all'incirca 10 volte superiore rispetto alla concentrazione iniziale.

Tipiche caratteristiche e condizioni operative delle membrane per microfiltrazione ed ultrafiltrazione sono:

Parametro	**Microfiltrazione**	**Ultrafiltrazione**
Diametro dei pori (μm)	0,1 – 1	$1x10^{-3} – 1x10^{-1}$
Pressione operativa (MPa)	$2x10^{-2} – 5x10^{-1}$	0,2 – 1
Cut-off (nm)	>100, include batteri	10-100, include macromolecole, virus, particelle colloidali per soluzioni 1.000-100.000 g/mol
Flusso di permeazione ($l\ m^{-2}ore^{-1}$)	50-1.000	<100
Velocità di flusso trasversale (cross-flow) (m/s)	2-6	1-6
Tipologia di membrana	polimero o ceramica simmetrici, strati di 10-150 μm	polimero o ceramica asimmetrici

Parametro	**Microfiltrazione**	**Ultrafiltrazione**
Configurazione della membrana	"Spiral-wound" Fibra cava Tubolare	"Spiral-wound" Fibra cava Tubolare

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Campo di applicazione

I processi di filtrazione su membrana sono utilizzati quando è richiesta una rimozione pressoché completa di sostanze solide o di contaminanti pericolosi (ad esempio, metalli pesanti) dal rifiuto liquido. La scelta della tecnica di filtrazione (microfiltrazione o ultrafiltrazione) è operata in funzione delle dimensioni delle particelle da separare.

La microfiltrazione viene comunemente utilizzata:

- nei processi di sgrassatura
- nelle operazioni di recupero di composti metallici
- nel trattamento dei reflui derivanti da operazioni di zincatura, cromatura, ecc.
- nella separazione dei fanghi derivanti dai processi di trattamento delle acque reflue

L'ultrafiltrazione trova, in genere, applicazione:

- nella rimozione di inquinanti degradabili non tossici, quali proteine o altre macromolecole, e tossici quali tinture, con peso molecolare superiore a 1.000
- nella separazione delle emulsioni oleose
- nella separazione dei complessi di metalli pesanti
- nella separazione dei composti non prontamente biodegradabili nel trattamento delle acque reflue; tali composti vengono riavviati allo stadio biologico della depurazione
- come operazione preliminare all'osmosi inversa o allo scambio ionico

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi dei processi di micro ed ultrafiltrazione sono:

Vantaggi	**Svantaggi**
• elevate rimozioni • flessibilità di utilizzo	• possibile intasamento, bloccaggio e sporcamento delle membrane • tendenza al compattamento • notevoli consumi di energia dovuti alle elevate pressioni operative • mancanza di stabilità meccanica (tendenza alla fessurazione delle membrane)

D.2.1.5 Separazione delle emulsioni oleose

Le emulsioni oleose vengono usualmente classificate in:

- emulsioni oleose, o emulsioni oleose grasse (circa 50% olio-50% acqua)
- emulsioni acquose, o emulsioni oleose magre (con contenuto d'olio tra il 5 e il 10%).

Nel primo caso la separazione avviene con metodi usualmente impiegati nel settore petrolifero, ovvero riscaldando l'emulsione e separando le due fasi, talvolta previa aggiunta di additivi, mediante centrifugazione; in alternativa si ricorre a separazioni a freddo, attuate in alcuni casi per semplice gravimetria, dopo aggiunta di specifici reagenti.

La rottura delle emulsioni è effettuata mediante veloce destabilizzazione della fase oleosa, in modo da ottenere, in tempi rapidi (10-15 minuti), la separazione per coalescenza dell'olio dalla soluzione

acquosa. A tal fine sono utilizzati, singolarmente o in combinazione tra loro, trattamenti di tipo chimico, fisico e meccanico.
I principali procedimenti chimici, che operano la rottura dei legami emulsivi e permettono la separazione, generalmente per decantazione, della fase oleosa dalle altri fasi (acqua e solidi) costituenti la miscela esausta, sono basati su:

- aggiunta di elettroliti cationici, quali solfato di alluminio, solfato ferroso, cloruro ferrico, ecc.
- drastica ossidazione e rottura del tensioattivo emulgatore per mezzo del reattivo di Fenton, H_2O_2+$FeSO_4$ in ambiente acido per H_2SO_4 (indicata principalmente nel caso di tensioattivi non-ionici)
- drastica variazione dello stato ionico della dispersione per mezzo di acidi forti (in genere acido solforico). Questa tecnica è nota con la terminologia di "cracking acido"
- agglomerazione delle particelle oleose disperse nella massa liquida mediante polielettroliti anionici o cationici a catena lunga, lineare o ramificata
- neutralizzazione e precipitazione delle catene idrofile dei tensioattivi per mezzo di idrossidi e carbonati. Tipico è il trattamento a freddo, a pH 7-8, con cloruro di bario e carbonato di sodio, in presenza di sali solubili di alluminio, mediante il quale si ottiene la separazione dell'olio sulla superficie del liquido con la contemporanea sedimentazione di idrossido di alluminio e carbonato di calcio.

I diversi trattamenti sopra menzionati consentono di ottenere risultati apprezzabili solo nel caso in cui siano correttamente identificati i meccanismi originali di stabilizzazione della fase oleosa dispersa. Essi presentano, inoltre, alcuni aspetti negativi non trascurabili, tra i quali si possono elencare:

- il costo e la complessità degli impianti che devono, generalmente, prevedere reattori o vasche di destabilizzazione, sezioni di flocculazione o flottazione, attrezzature di addensamento dei fanghi o del flottato, reattori di neutralizzazione del chiarificato, ecc.
- la notevole produzione di fanghi o di flottati, da considerarsi, in genere, rifiuti pericolosi perché contenenti la gran parte dei vari additivi chimici utilizzati e difficilmente recuperabili e riutilizzabili. Si citano le difficoltà di neutralizzazione e smaltimento delle notevoli quantità di melme acide calde prodotte dal trattamento con acido solforico
- l'elevato dispendio di energia nei trattamenti a caldo
- l'emanazione di cattivi odori, spesso difficilmente captabili e contenibili.

Una rottura efficace delle emulsioni oleose per via fisica può essere ottenuta ricorrendo all'ultrafiltrazione con membrane resistenti all'azione degli emulgatori di additivazione.
La caratteristica saliente del processo di ultrafiltrazione, basato sulle caratteristiche di semipermeabilità di particolari membrane sintetiche, è che esso avviene senza cambiamento di fase, facendo scorrere a pressione l'emulsione su una superficie della membrana (che, per sua caratteristica, è permeabile all'acqua ed ai prodotti disciolti a peso molecolare basso) raccogliendo dal lato opposto tutto ciò che permea ed ottenendo sul lato di scorrimento la concentrazione delle particelle di olio e dei prodotti anche disciolti ma ad alto peso molecolare. Il permeato richiede, di norma, un'ulteriore depurazione con processi chimico-fisici-biologici, mentre il concentrato oleoso può essere utilizzato tal quale, come combustibile, od ulteriormente trattato per arricchirlo in olio. Il processo di ultrafiltrazione può operare in continuo o in discontinuo e le membrane utilizzate possono essere di diverso tipo: piane, tubolari, a spirale.
I punti di forza del trattamento sono quelli esattamente contrari ai punti di forza dei trattamenti chimici; gli inconvenienti sono costituiti dall'estrema variabilità dei prodotti oleosi da trattare, che costringe a continui cambiamenti della membrana nonché a frequenti riassetti degli standard di processo e lavaggi delle membrane stesse.
Nei processi meccanici, per rompere le emulsioni, si sfrutta la differenza di peso tra acqua ed olio ed, eventualmente, sedimenti e/o morchie.

Tra questi processi i più importanti sono quelli costituiti dai sistemi di separazione di miscugli acqua/olio e dai sistemi di rottura vera e propria dei legami emulsivi; tra primi si annoverano i disoleatori API (American Petroleum Institute) ed i disoleatori a pacco lamellare, tra i secondi i trattamenti di flottazione e centrifugazione. I disoleatori longitudinali API sono vasche a sezione rettangolare munite di speciali distributori del flusso liquido in ingresso ed in uscita, di dispositivi per il raschiamento e la raccolta dei fanghi pesanti di fondo e della fase oleosa leggera galleggiante.
I disoleatori a pacco lamellare (PPI, Parallel Plate Interceptor e CPI, Corrugated Plate Interceptor), ad alta efficienza, sono apparecchiature molto compatte, dotate di una serie di setti sagomati paralleli (distanti 2-10 cm), attraverso i quali il flusso liquido rilascia le particelle di olio che, per coalescenza, risalgono in superficie, dove vengono scremate mediante l'utilizzo di canaline basculanti dotate di fessure per la regolazione del livello all'interfaccia acqua/olio. Queste apparecchiature trovano utilizzo nell'industria petrolchimica, nelle raffinerie, nelle industrie meccaniche, come strumenti di recupero primario di miscele oleose.
Con la flottazione si ricorre, invece, all'arricchimento della fase oleosa attraverso aria insufflata ed attraverso l'azione di tensioattivi cellulosici che assorbono l'olio e formano una "schiuma" molto densa ma contemporaneamente anche molto leggera, e quindi di facile separazione dalla fase acquosa e/o fangosa.
Con la centrifugazione, infine, si possono separae nettamente le tre fasi che costituiscono una emulsione oleosa esausta; si utilizza l'azione di una forza centrifuga per provocare la decantazione accelerata della miscela di solidi e di liquidi con densità e peso specifico differenti. Normalmente vengono utilizzate centrifughe che possono separare contemporaneamente le tre fasi: olio, che costituisce la fase leggera, acqua, che costituisce la fase intermedia, sedimenti, che costituiscono la fase pesante. Queste macchine hanno un "gradiente gravitazionale" molto elevato e normalmente sono del tipo a dischi conici. Dopo la rottura delle emulsioni, l'olio separato può essere avviato ad un'altra fase di ulteriore arricchimento, oppure alla rigenerazione, o alla combustione.

Dati operativi

I trattamenti di separazione olio-acqua, qualora non condotti al coperto, possono portare al rilascio di elevati quantitativi di composti organici volatili e sono, pertanto, da considerarsi tra le principali fonti di odori e di rischi per la salute. L'adozione di sistemi di copertura può garantire una riduzione delle emissioni fino al 95% ("Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector").
D'altro canto la copertura può comportare problemi operativi nella fase di scrematura; la scelta dovrà essere, pertanto, condotta sulla base delle specifiche condizioni locali. Qualora il sistema sia coperto deve, ovviamente, essere previsto il convogliamento dei gas ad un apposito sistema di abbattimento che deve comprendere adeguati dispositivi di sicurezza al fine di evitare rischi di esplosione.
Di seguito si riportano le prestazioni, in termini di rimozioni percentuali, che i trattamenti di separazione delle emulsioni oleose possono offrire per applicazioni nel settore dell'industria chimica, sulla base di quanto individuato dal documento europeo "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector":

Parametro	**Rimozione (%)**
Oli	90-95
Solidi	90-95

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Campo di applicazione
La separazione olio-acqua è un processo utilizzato principalmente nelle raffinerie e negli impianti petrolchimici per rimuovere oli, grassi ed altri liquidi non solubili più leggeri dell'acqua dal rifiuto liquido ed in genere è seguita da altre operazioni, tra cui, ad esempio, la flottazione.

Vantaggi e svantaggi
I principali vantaggi e svantaggi dei processi di separazione delle emulsioni oleose sono:

Vantaggi	Svantaggi
• recupero olio	• solo il disoleatore API può consentire di intercettare elevate quantità di oli e solidi • nel caso delle tecniche PPI (Parallel Plate Interceptor) e CPI (Corrugated Plate Interceptor) i piatti sono soggetti a sporcamento ed è, pertanto, richiesta una costante manutenzione • non possono essere separate sostanze solubili

D.2.2 Separazione chimico-fisica di composti solubili non biodegradabili

I composti solubili non biodegradabili possono essere, essenzialmente, suddivisi in tre categorie:
- composti inorganici quali, ad esempio, sali di composti metallici
- composti organici refrattari al trattamento biologico
- composti organici ed inorganici con proprietà inibenti l'attività biologica.

Per la loro rimozione si può ricorrere a diverse tipologie di trattamento chimico-fisico tra cui: osmosi inversa e nanofiltrazione, elettrodialisi, adsorbimento, scambio ionico, precipitazione, strippaggio con aria, ossidazione chimica, evaporazione, estrazione con solvente.

D.2.2.1 Osmosi inversa e nanofiltrazione

L'osmosi inversa e la nanofiltrazone sono tecniche a membrana che consentono di separare sali e molecole organiche solubili dall'acqua, mediante l'applicazione di una differenza di pressione ai due lati della membrana stessa. Grazie alla differenza di pressione l'acqua è, infatti, costretta ad attraversare la membrana che risulta, invece, impermeabile al soluto. Le due tecniche sono, generalmente, utilizzate quando è richiesto un ricircolo completo del permeato o del concentrato.

Dati operativi
Le membrane sono disponibili in diversi materiali e configurazioni. La scelta dipenderà dalla specifica applicazione e dalla natura del rifiuto liquido da trattare; le caratteristiche di resistenza dei materiali che costituiscono la membrana sono, infatti, influenzate dalla natura delle sostanze contenute nel refluo.
Tipici materiali utilizzati per le membrane da ultrafiltrazione sono, ad esempio:
- acetato di cellulosa
- poliammide.

Le membrane utilizzate per l'osmosi inversa sono costituite da polimeri organici quali, ad esempio:
- acetato di cellulosa
- poliammide
- poliimmide
- policarbonato
- polivinilcloruro

- polisulfone
- polieteresulfone
- poliacetale
- copolimeri acrilonitrile-cloruro di vinile
- polielettroliti complessi
- alcol polivinilico a legami incrociati
- poliacrilati

Le caratteristiche tipiche delle membrane per osmosi inversa e per nanofiltrazione sono:

parametro	**Nanofiltrazione**	**Osmosi inversa**
Diametro del poro [μm]	0,01-0,001	<0,001
Pressione operativa [MPa]	0,5-3	2-100
Diametro cut-off [nm]	>1 200-1000 g/mole	<1000 g/mole
Flusso permeato [l m^{-2} h^{-1}]	<100	10-35
Velocità del flusso trasversale [m/s]^{2}	1-2	<2
Tipo di membrana	Polimerica asimmetrica o composita	Polimerica asimmetrica o composita
Configurazione della membrana	Tubolare spiral-wound	Tubolare spiral-wound

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Al fine di limitare il calo delle prestazioni del sistema filtrante è richiesta una continua pulizia delle membrane. Esse, pertanto, devono essere progettate in modo tale che sia possibile scollegarle dal ciclo di filtrazione per effettuarne la pulizia meccanica o chimica.
Negli impianti di trattamento a membrana è prevista, in genere, la presenza di tre sezioni separate:

- sezione di pretrattamento dove il refluo è sottoposto a chiarificazione chimica (precipitazione, coagulazione/flocculazione o flottazione) e filtrazione, o a filtrazione ed ultrafiltrazione
- sezione di trattamento di nanofiltrazione o osmosi inversa (alta pressione)
- sezione di post trattamento dove il permeato e la salamoia concentrata vengono preparati per il riuso o lo smaltimento.

Le diverse unità filtranti possono essere disposte in parallelo, per garantire la necessaria capacità idraulica, o in serie, per incrementare l'efficienza della filtrazione.
Di seguito sono riportate le efficienze di rimozione per alcuni composti, raggiungibili mediante l'utilizzo delle tecniche di nanofiltrazione ed osmosi inversa; è necessario tenere in considerazione che tali prestazioni, riportate nel documento "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector", si riferiscono ad applicazioni nel settore chimico.

Parametro	**Rimozione (%)**	
	Nanofiltrazione	**Osmosi inversa**
Hg inorganico	>90	
Hg organico	>90	
Composti del Cd	>90	
Tetraclorometano	96	
1,2-dicloroetano	>70	
Triclorobenzene	>95	
Percloroetilene	>90	
Atrazina	>70	85-95
Esaclorocicloesano		99

Parametro	**Rimozione (%)**	
	Nanofiltrazione	**Osmosi inversa**
DDT		100
Aldrin		100
Dieldrin		100
Diclorvos		98
Simazina		95
Trifluralin		99
Fenitrothion		99
Malathion		99
Azinphos metile		98
TOC	80-90	

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Così come per l'ultrafiltrazione e la microfiltrazione anche per quanto concerne l'osmosi inversa e la nanofiltrazione si può osservare una certa vulnerabilità dei materiali di cui sono costituite le membrane ad attacco chimico da parte delle sostanze contenute nel rifiuto liquido sottoposto a trattamento. Le membrane sono, inoltre, soggette a "sporcamento", a causa della deposizione di particelle e della precipitazione e/o cristallizzazione dei soluti sulla superficie o all'interno dei pori.
Il concentrato occupa, in genere, un volume pari a circa il 10% del volume entrante con una concentrazione delle diverse sostanze all'incirca 10 volte superiore rispetto alla concentrazione iniziale. Più in dettaglio, i limiti di utilizzo possono essere così riassunti:

tecnica		**Limiti di utilizzo**
Nanofiltrazione	Dimensioni delle particelle	Limitata capacità di separare particelle con peso molecolare <200
Osmosi inversa	Concentrazione	Nel caso di soluzioni concentrate, la pressione osmotica può essere così elevata da superare la massima pressione operativa utilizzabile oppure rendere il trattamento non fattibile da un punto di vista economico
	Solubilità dei sali	I sali poco solubili tendono a precipitare causando intasamenti delle membrane
	Polimerizzazione di monomeri	Fenomeni di polimerizzazione possono causare intasamenti delle membrane
Nanofiltrazione ed osmosi inversa	Caratteristiche delle membrane	La bassa resistenza termica e chimica limitano l'utilizzo a ristretti intervalli di pH e temperatura (18-30 °C)

<u>**Campo di applicazione**</u>

La nanofiltrazione è utilizzata per la rimozione di molecole organiche di dimensioni non eccessivamente piccole e di ioni polivalenti ed è finalizzata a ridurre il volume del rifiuto liquido e/o a renderne possibile il riciclo o il riuso nonché ad incrementare la concentrazione dei contaminanti al fine di facilitare le successive operazioni di trattamento degli stessi.
L'osmosi inversa, dal canto suo, consente di separare anche gli ioni più semplici ed è, in genere, utilizzata nei casi in cui è richiesto un elevato grado di purezza del liquido, come ad esempio:

- desalinizzazione
- rimozione finale di, ad esempio:
  - componenti degradabili se il trattamento biologico non è disponibile
  - metalli pesanti
  - composti tossici

- allontanamento di inquinanti con l'obiettivo di concentrarli o avviarli a successivo ulteriore trattamento.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi della nanofiltrazione e dell'osmosi inversa sono:

Vantaggi	Svantaggi
• alta efficienza di separazione • sistemi modulari e conseguente flessibilità di utilizzo • possibilità di riciclaggio del permeato e del concentrato • basse temperature operative • possibilità di operazioni totalmente automatizzate	• possibile intasamento, bloccaggio e sporcamento delle membrane • tendenza al compattamento • alte pressioni operative e bassi flussi di permeazione.

D.2.2.2 Elettrodialisi

Una cella di elettrodialisi è costituita da un anodo ed un catodo separati da membrane cationiche (permeabili solo ai cationi) e membrane anioniche (permeabili solo agli anioni).
Il liquido, immesso tra le membrane, è sottoposto al campo elettrico che devia verso gli elettrodi gli ioni presenti in soluzione (a seconda del segno della loro carica); in tal modo vengono a formarsi, grazie alla opportuna disposizione delle membrane selettive, un flusso concentrato e uno diluito.

Dati operativi

I sistemi di elettrodialisi possono operare sia in continuo che in discontinuo e, a seconda delle esigenze, le differenti unità possono essere sistemate in serie o in parallelo.
Per garantire la pulizia delle membrane è richiesto un continuo lavaggio con acqua. Per limitare gli effetti di sporcamento può rendersi, inoltre, necessario un pretrattamento del rifiuto liquido con carbone attivo, possibilmente preceduto da precipitazione chimica e da filtrazione.

Campo di applicazione

Questa tecnica, che consente di rimuovere solo specie di tipo ionico, si presta in modo particolare al trattamento di reflui provenienti dall'industria galvanica e da lavorazioni di finitura dei metalli.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi dell'elettrodialisi sono:

Vantaggi	Svantaggi
• elevate rimozioni • flessibilità di utilizzo	• possibile intasamento, bloccaggio e sporcamento delle membrane

D.2.2.3 Adsorbimento

Il processo, basato sul trasferimento di massa e l'adsorbimento di una sostanza da una fase liquida o gassosa ad una superficie solida, viene, preferibilmente, impiegato nella rimozione di composti organici disciolti, specialmente se non polari, con bassa solubilità e alto peso molecolare.
Dal punto di vista della composizione chimica, il carbone attivo è costituito, in gran parte, da carbonio. All'esame micrografico un granello di carbone mostra numerose porosità di diametro variabile da un minimo di 5 Å (1Å $=10^{-10}$ m) fino ad un massimo di 10.000 Å. Oltre al volume dei pori (è sempre auspicabile che siano di grandi dimensioni), un'altra proprietà fondamentale del

carbone attivo è la superficie totale. I carboni attivi normalmente impiegati possiedono superfici specifiche variabili da 300 a 850 m^2/g. Superficie totale e distribuzione del volume dei pori rappresentano, quindi, le proprietà intrinseche più importanti del carbone attivo.
I carboni attivi commerciali sono suddivisibili in due categorie fondamentali:

- carbone attivo granulare (GAC): è disponibile in diverse pezzature che vanno indicativamente da un diametro medio minimo di 0,40 mm fino ad un diametro massimo di 2,25 mm
- carbone attivo in polvere (PAC): è costituito da polvere finissima impalpabile, setacciabile per il 95% attraverso un setaccio con maglie da 0,149 mm e per il 50-70% attraverso un setaccio con maglie di 0,044 mm

L'applicazione più diffusa del carbone attivo granulare prevede l'utilizzo di colonne a letto fisso disposte in serie o in parallelo o una combinazione serie-parallelo.

Dati operativi

Le caratteristiche dei materiali adsorbenti utilizzabili per il trattamento dei rifiuti liquidi sono:

Tipo di adsorbente	Caratteristiche			
	Superficie specifica (m^2/g)	**Volume micropori (ml/g)**	**Volume macropori (ml/g)**	**Peso apparente (g/l)**
Carbone granulare per la purificazione dell'acqua	500-800	0,3-0,6	0,3-0,4	300-500
Carbone in polvere per declorazione	700-1.400	0,45-1,2	0,5-1,9	250-500
Gel di silice a porosità fine	600-850	0,35-0,45	<0,1	700-800
Gel di silice a porosità larga	250-350	0,3-0,45	0,05-0,1	400-800
Allumina attivata	300-350	0,4	Approssimativamente 0,1	700-800
Resine adsorbenti	400-500	-	-	650-700

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Limiti e restrizioni di utilizzo:

	Limiti/restrizioni
SS	<20 mg/l con adsorbenti a letto fisso <10 mg/l con adsorbenti a letto mobile
Concentrazione di inquinanti	<100 g/l (senza il recupero dell'adsorbente) <500 g/l (con recupero dell'adsorbente)
Massa molecolare	Efficienza diminuita con sostanze a basso peso molecolare
Lunghezza della catena carboniosa	Diminuzione dell'efficienza all'aumentare della lunghezza della catena di atomi di carbonio
Ramificazione della catena carboniosa	Diminuzione dell'efficienza all'aumentare della ramificazione
Polarità	Diminuzione dell'efficienza all'aumentare della polarità
Solubilità nell'acqua	Diminuzione dell'efficienza all'aumentare della solubilità
Grado di dissociazione	Diminuzione dell'efficienza all'aumentare della dissociazione
Macromolecole	Minore efficienza con strutture macromolecolari

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Le tipiche prestazioni del processo di adsorbimento su carbone attivo granulare, riferite ad alcuni composti di tipo organico con concentrazione, nel flusso in ingresso, di 1.000 mg/l sono riportate nella tabella seguente; si precisa che detti valori fanno riferimento ad applicazioni nel settore chimico e che le prestazioni di rimozione sono fortemente influenzate dalle caratteristiche del rifiuto in entrata.

sostanza	**Rimozione [%]**	**Capacità [mg/g]**
Benzene	95	80
Etilbenzene	84	19
Butil acetato	84	169
Etil acetato	51	100
Fenolo	81	161
Metil etil chetone	47	94
Acetone	22	43
Piridina	47	95
Dietanol ammina	28	57
Etanol ammina	7	15
Acetaldeide	12	22
Formaldeide	9	18
Alcol isopropilico	22	24
Alcol metilico	4	7

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Analoghe considerazioni vanno ripetute per quanto riguarda i seguenti valori, provenienti anch'essi dal "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector".

Elemento o composto	**Rimozione (%)**						**Note (conc. flusso entrante, conc. PAC)**
	GAC	**PAC**	**Lignite**	**Al_2O_3**	**Resina**	**Zeoliti**	
Hg inorganico	80						29 μg/l
Hg organico	80						Basse conc.
Esaclorocicloesano	93						7,7 μg/l
		99					10 μg/l PAC= 85 mg/l
DDT	97-99,9						
Aldrin	88-93						
		90-99					PAC= 5-20 mg/l
Diedrin	86-98						
		99 [0,1 μg/l]					10 μg/l PAC= 126 mg/l
Atrazina	84						0,61 μg/l
Endrin		<0,1 μg/l					10 μg/l PAC=70 mg/l
Diclorvos		99					
Triclorobenzene		70-93					200 μg/l PAC=20 mg/l
Fenitrothion		99					
Azinphos metile		99					
Ammoniaca						98 [0,5 mg/l]	25 mg/l

Elemento o composto	**Rimozione (%)**						**Note (conc. flusso entrante, conc. PAC)**
	GAC	**PAC**	**Lignite**	**Al_2O_3**	**Resina**	**Zeoliti**	
COD	50						Letto mobile 5 g/l
	65-75 [<100 mg/l]						300-400 mg/l
Fenoli	75						Letto mobile 70 mg/l
	60-80 [1-2 mg/l]						5 mg/l
Composti organici clorurati	>90						Letto mobile 60 mg/l

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Con l'eccezione del PAC, che è smaltito insieme ai fanghi, il materiale esausto, quando perde la propria capacità adsorbente, viene rimpiazzato ed avviato a rigenerazione (specifica per ogni tipologia di adsorbente). In ogni caso è, comunque, richiesto l'utilizzo di agenti chimici e/o di energia. Ad esempio, il GAC, la lignite e l'ossido di alluminio attivato, utilizzati per l'adsorbimento di composti organici, sono rigenerati termicamente ad una temperatura compresa tra i 750 ed i 1.000 °C. Le resine, le zeoliti e l'ossido di alluminio attivato, utilizzati per l'adsorbimento di sostanze inorganiche, sono, invece, rigenerati mediante processi di eluizione con agenti chimici, solventi organici o soluzioni inorganiche.
Il processo di rigenerazione del GAC determina il rilascio di gas contenenti prodotti di decomposizione chimica e termica dei composti adsorbiti nonché la perdita di circa il 10% del materiale adsorbente ("Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector") che deve essere, pertanto, costantemente rimpiazzato. La continua reintegrazione con nuovo carbone dovrebbe, comunque, garantire il mantenimento dell'efficienza generale del letto adsorbente. I gas di scarico rilasciati nel corso della rigenerazione richiedono un idoneo trattamento.
Il GAC deve essere smaltito come rifiuto pericoloso, ovvero avviato ad incenerimento, qualora non possa essere rigenerato e risulti contaminato da sostanze pericolose quali PCB, diossine, metalli pesanti o diclorobromopropano.
Ulteriori impatti sull'ambiente derivanti dall'operazione di rigenerazione del materiale adsorbente possono essere legati:

- al trasporto del materiale esausto all'impianto e dall'impianto di rigenerazione
- alla rigenerazione presso l'impianto specializzato
- al consumo di energia per il processo di rigenerazione
- al rilascio di agenti contaminanti nell'acqua e/o nell'aria durante il processo di rigenerazione
- alla generazione di rumori (ad esempio, sistemi di pompaggio)

Campo di applicazione
Le categorie di composti organici efficacemente rimossi tramite adsorbimento su carbone attivo sono:

- combustibili (benzina, kerosene, oli)
- tensioattivi (alchil benzene solfonati)
- solventi aromatici (benzene, toluene, xilene)
- aromatici polinucleari (naftalene, bifenili)
- solventi clorurati (tetracloruro di carbonio, percloro etilene)
- aromatici clorurati (clorobenzene, PCB, Aldrin, Endrin, Toxafene, DDT)

- composti fenolici (fenolo, cresolo, resorcinolo)
- ammine alifatiche ad alto peso molecolare e ammine aromatiche (anilina, toluen-diammina)
- coloranti organici solubili (blu di metilene, coloranti tessili)
- acidi alifatici e aromatici (catrami acidi, acidi benzoici)

Il problema più comune che si presenta è l'eccessiva perdita di carico, causata dall'accumulo di solidi sospesi o dalla crescita batterica nel letto.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi dell'adsorbimento sono:

Vantaggi	Svantaggi
• Alta efficienza di rimozione (non per il coke di lignite) • Permette la rimozione di composti organici refrattari e/o tossici (GAC, PAC, resine, coke di lignite) • Di solito necessita di spazi limitati • Sistemi automatizzati • Possibile recupero dei composti (preferibilmente con zeoliti)	• Miscele di composti organici possono causare una significativa riduzione della capacità di adsorbimento • Un alto contenuto di composti macromolecolari diminuisce l'efficienza e può causare l'ostruizione irreversile dei siti attivi • Progressiva abrasione in seguito ad operazioni di pulizia mediante raschiatura dei fanghi (PAC) • Gli adsorbenti esausti devono essere rigenerati (alto consumo di energia) o smaltiti (anche mediante incenerimento)

D.2.2.4 Scambio ionico

Le resine a scambio ionico sono sostanze insolubili che hanno la capacità di fissare determinati ioni presenti in soluzione acquosa, rilasciando ioni non tossici.

Sono realizzate con matrici polimeriche opportunamente funzionalizzate e possono essere distinte in due categorie principali:

- resine cationiche, se scambiano ioni positivi (cationi)
- resine anioniche, se scambiano ioni negativi (anioni)

Quando si porta a contatto il refluo da trattare con la resina, gli ioni non tossici, legati debolmente alla superficie di quest'ultima, vengono rilasciati e sostituiti dagli ioni contenuti nel refluo.

Lo scambio ionico è una tecnologia utilizzabile per la rimozione di metalli sotto forma di ioni solubili, anioni non metallici (alogenuri, solfati, nitrati o cianuri), ammine, ammine quaternarie e alchisolfati.

L'equipaggiamento di un sistema a scambio ionico è in genere composto da:

- un contenitore cilindrico ad alta pressione, opportunamente rivestito al fine di garantire resistenza alla corrosione, in cui è contenuta la colonna di resina impaccata
- valvole di controllo e condutture per il convogliamento dei reflui e della soluzione rigenerante
- un sistema per la rigenerazione della resina, che consiste in un equipaggiamento per la dissoluzione del sale e per il controllo della diluizione

Dati operativi

Il ciclo operativo prevede:

- l'operazione di scambio ionico;
- la fase di lavaggio, finalizzata alla rimozione delle particelle accumulate
- la fase di rigenerazione, in cui una soluzione a basso volume e ad alta concentrazione viene fatta passare attraverso la resina al fine di ricaricare la stessa e consentire il rilascio delle specie ioniche indesiderate

- l'operazione di risciacquo con bassi flussi d'acqua, finalizzata a spostare la soluzione rigenerante lungo il letto della resina
- la fase di risciacquo veloce, volta alla completa rimozione della soluzione rigenerante dalla resina.

Lo scambio ionico è una tecnica comunemente utilizzata come trattamento integrativo nei processi di depurazione delle acque reflue (ad esempio, come operazione di recupero delle acque di risciacquo o per il trattamento di composti chimici). Le concentrazioni dei reflui trattati sono, in genere, comprese tra i 10 ed i 1.000 mg/l. Al fine di prevenire l'occlusione della resina il materiale in sospensione non dovrebbe superare la concentrazione di 50 mg/l; operazioni preliminari allo scambio ionico potrebbero essere la sedimentazione/flocculazione o la filtrazione su membrana.
La rigenerazione della resina si conclude con l'eluizione di piccoli volumi di acido concentrato o di soluzioni saline contenenti gli ioni rimossi. Gli eluati devono, quindi, essere opportunamente trattati al fine di rimuovere gli ioni (per esempio, rimozione di metalli pesanti mediante precipitazione).

Limiti e restrizioni all'utilizzo:

	Limiti/restrizioni
Concentrazione ionica	Forze ioniche elevate possono causare una dilatazione delle particelle di resina
Temperatura	Le resine anioniche hanno, come limite termico, valori di temperatura intorno ai 60 °C
Agenti corrosivi	Acido nitrico, acido cromico, perossido di idrogeno, ferro, manganese e rame possono danneggiare le resine
Residui interferenti	Composti inorganici quali i precipitati ferrosi, o composti organici quali gli aromatici possono causare adsorbimenti irreversibili sulla resina

Secondo quanto riportato nel "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector", le prestazioni del processo di scambio ionico, in applicazioni caratterizzate da flussi entranti con concentrazioni comprese tra 10 mg/l e 1.000 mg/l, sono:

Parametro	**Emissione (mg/l)**	**Rimozione (%)**	**Note**
Specie ioniche	0,1 - 10	80 – 99	Concentrazione nel flusso entrante: 10 – 1.000 mg/l

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Campo di applicazione
Lo scambio ionico è una tecnica tipicamente utilizzata per la rimozione di specie ioniche e ionizzabili, quali ad esempio:
- ioni di metalli pesanti, cationici o anionici (ad esempio, Cr^{3+} o Cd e suoi componenti a basse concentrazioni e CrO_4^{2-} anche in concentrazioni più elevate)
- componenti inorganici ionizzabili, come H_3BO_3
- composti organici solubili, ionici o ionizzabili (ad esempio, acidi carbossilici, acidi sulfonici, alcuni fenoli, ammine come sali acidi, ammine quaternarie, alchilsolfati e composti organici del mercurio)

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi del trattamento sono:

Vantaggi	Svantaggi
• in teoria tutti gli ioni e le specie ionizzabili possono essere rimossi • relativamente non influenzato dalle variazioni di flusso • sono conseguibili elevate efficienze • consente il recupero di specie pregiate • consente il recupero di acqua • è disponibile una larga varietà di resine specifiche	• richiede operazioni preliminari di filtrazione • crescita di batteri sulla superficie della resina e sporcamento causato da fenomeni di precipitazione o adsorbimento • fenomeni di competizione tra ioni • logorio della resina, dovuto alla rigenerazione o ad impatti meccanici • la salamoia e il fango risultante dalla rigenerazione devono essere trattati o smaltiti

D.2.2.5 Precipitazione

La precipitazione è un processo chimico finalizzato alla formazione di particolato che può in seguito essere separato con tecniche di sedimentazione, flottazione o filtrazione. Un impianto di precipitazione è, in genere, costituito da una o due vasche di miscelazione agitate meccanicamente, ove vengono aggiunti i reagenti, da un sedimentatore (o un flottatore) e dai serbatoi di stoccaggio dei reagenti.

A questi vanno aggiunte le installazioni di disidratazione e/o condizionamento dei fanghi originati dal trattamento.

Se necessario l'impianto deve essere completato con una sezione di trattamento biologico per rimuovere eventuali sostanze organiche biodegradabili non precipitabili chimicamente.

Tipici agenti precipitanti sono:

- latte di calce (per metalli pesanti)
- idrossido e carbonato di sodio (per metalli pesanti)
- sali di calcio (per solfati e fluoruri)
- solfuro di sodio (per mercurio)

Per migliorare il processo di separazione, a questi vengono spesso aggiunti altri composti con caratteristiche precipitati e flocculanti, tra cui:

- sali ferrosi e ferrici
- solfato di alluminio
- polielettroliti
- solfuri poliorganici

Dati operativi

Le rese delle tecniche di precipitazione e di separazione liquido-solido dipendono, in genere, dai seguenti fattori:

- pH
- qualità della miscela
- temperatura e durata della fase di reazione

Ogni trattamento richiede una accurata messa a punto finalizzata ad individuare le migliori condizioni operative; l'attività di analisi chimica e di test di processo assumono particolare valenza nel trattamento di rifiuti liquidi presso piattaforme polifunzionali, ove a differenza, ad esempio, di un'industria chimica, la qualità del refluo non è costante, ma varia in funzione delle tipologie giornalmente conferite.

La quantità di agenti precipitanti richiesta cambia sensibilmente in funzione della qualità del rifiuto liquido e della concentrazione di inquinanti.
Durante il processo di precipitazione è buona norma che il valore di pH e il dosaggio di flocculanti e/o coagulanti sia attentamente monitorato e regolato.
Il fango derivante dal trattamento può contenere diversi composti chimici, almeno nel caso in cui il processo sia attuato al fine di precipitare i metalli pesanti. Esso può essere, infatti, costituito da carbonati, fluoruri, idrossidi (o ossidi), fosfati, solfati e solfuri di metalli pesanti. Nel caso di possibile rilascio di emissioni osmogene la precipitazione dovrebbe essere condotta in serbatoi chiusi o in bacini coperti ed i gas convogliati ad appositi sistemi di abbattimento.

Campo di applicazione

La precipitazione viene utilizzata nel trattamento di rifiuti liquidi contenenti metalli quali:

- Mercurio
- Cadmio
- Rame
- Nichel
- Piombo
- Cromo (III)
- Cromo (VI)
- Zinco
- Stagno
- Alluminio
- Ferro (III)
- Ferro (II)
- Solfati
- Fosfati
- Fluoruri

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi del trattamento di precipitazione con calce e con solfuro di sodio sono:

Vantaggi	Svantaggi
Con calce come agente precipitante:	Con calce come agente precipitante:
• Riduzione del contenuto di sali nel rifiuto liquido • Incremento delle capacità tampone dell'impianto di trattamento biologico • Incremento della sedimentazione dei fanghi • Ispessimento dei fanghi • Incremento della disidratazione meccanica dei fanghi • Riduzione della durata del ciclo di disidratazione • Costi contenuti	• Difficoltà di gestione della soda • Incremento dei quantitativi di fango dovuto all'eccesso di $Ca(OH)_2$ • Problemi di manutenzione
Con solfuro di sodio come precipitante:	Con solfuro di sodio come precipitante:
• Minori volumi di fango (30% in meno rispetto al trattamento con calce) • Minori quantitativi di prodotti chimici utilizzati (40% in meno rispetto al trattamento con calce)	• Rischio di formazione di H_2S per acidificazione • Emissioni osmogene legate alla presenza di H_2S

Vantaggi	Svantaggi
• Minori quantitativi di metalli nell'effluente trattato • Non richiede pre- o post-trattamenti • Elevate prestazioni nella rimozione dei solidi sospesi e disciolti	

D.2.2.6 Ossidazione chimica

L'ossidazione chimica è, in genere, utilizzata nel trattamento di reflui contenenti sostanze organiche non biodegradabili, anche tossiche e/o pericolose, e per la rimozione di composti inorganici pericolosi.
Gli agenti ossidanti, in linea generale, possono essere: ossigeno atmosferico, ossigeno puro, ozono, perossido di idrogeno, permanganato di potassio, cloro e i suoi composti e l'ossidazione può avvenire a condizioni ambiente oppure ad elevati valori di pressione e temperatura (si veda in particolare il processo di ossidazione ad umido in cui si hanno valori di pressione di 3÷25 MPa e temperature di 150÷250 °C).
La scelta dell'agente ossidante deve basarsi su aspetti tecnici ed economici. Deve essere prevenuta, in particolare, la formazione di composti tossici e/o difficilmente trattabili nelle successive fasi del processo; a tal fine possono rivelarsi molto utili prove su scala pilota, atte a stabilire i dosaggi, i tempi di reazione, la formazione di sottoprodotti, i trattamenti preliminari e successivi, ecc.
Il trattamento di ossidazione è efficace sia su sostanze organiche (fenoli, ammine, mercaptani, clorofenoli, ecc.) che su alcune sostanze inorganiche, quali solfuri (convertiti in solfati), cianuri e metalli (ad esempio, As, Fe e Mn possono essere portati ad uno stato di ossidazione che conduce alla formazione di composti meno solubili). È, inoltre, possibile effettuare l'ossidazione di composti organometallici mediante la distruzione della parte organica ed il conseguente "rilascio" del metallo, che può essere, successivamente, rimosso (ad esempio per precipitazione). Nel caso di sostanze refrattarie al processo di ossidazione tradizionale si ricorre a processi più avanzati che prevedono l'utilizzo di più agenti ossidanti accoppiati e/o di catalizzatori.
I principali agenti ossidanti sono:

- cloro
- ipoclorito di calcio o di sodio
- biossido di cloro
- ozono (in presenza o meno di radiazioni UV)
- perossido di idrogeno/radiazioni UV
- perossido di idrogeno/sali di ferro (reattivo di Fenton)

<u>Dati operativi</u>
I reattori utilizzati per i processi di ossidazione chimica sono progettati in funzione delle specifiche caratteristiche degli agenti ossidanti utilizzati.
Normalmente si opera a pressioni superiori a 0,5 MPa [Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector]. Qualora siano utilizzati raggi ultravioletti come acceleratori di reazione, deve essere prevista la presenza di opportune fonti di emissione (ad esempio, lampade a mercurio a bassa pressione) ed in tal caso il reattore consiste in tubi di quarzo trasparenti ai raggi UV. Le lampade possono essere sistemate all'esterno dei tubi ed il rifiuto al loro interno, o viceversa.
Gli impianti che utilizzano ozono come agente ossidante sono dotati di un apposito generatore in situ, in quanto tale reagente, essendo caratterizzato da una notevole instabilità, non può essere trasportato. Il surplus di ozono derivante dal trattamento deve essere eliminato utilizzando tutte le precauzioni necessarie.

Qualora come ossidante sia utilizzato perossido di idrogeno, per l'eliminazione del surplus del reagente deve essere adottato un sistema di adsorbimento su carbone attivo granulare.
L'uso di cloro rende, invece, necessaria la presenza di reattori costruiti in materiali particolari (ad esempio, titanio); anche in questo caso il surplus del reagente deve essere opportunamente eliminato (ad esempio, mediante la reazione con solfito).
In considerazione della potenziale pericolosità dei reagenti ossidanti utilizzati, le infrastrutture di stoccaggio devono essere sempre dotate di adeguati sistemi di sicurezza.

Nel documento europeo "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector" sono riportati i dati operativi relativi all'applicazione del processo di ossidazione a reflui provenienti dal settore chimico. I livelli di abbattimento del COD conseguibili per alcuni composti contenuti in tali reflui, mediante l'utilizzo di perossido di idrogeno, sono, ad esempio:

sostanza	**Rapporto H_2O_2/COD (%)**	**Rimozione COD (%)**	**H_2O_2 utilizzata (%)**
Tetraidro-1,4-ossazina (Morfolina)	100	20	20
2-amminoetanolo	100	37	37
Dietilenglicole	100	45	45
Polietilenglicole	100	35	35
Esamina o esametilenetetrammina	100	32	32
2,4-difluoro-5-cloro-6-metilpirimidina	100	30	30
Feniltrifluoroetilcarbammide	80	75	94

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Sempre per quanto riguarda i trattamenti sui reflui provenienti dal settore chimico, l'utilizzo di cloro o ipoclorito consente di ottenere le seguenti rimozioni, in termini di carbonio organico totale e composti organici alogenati:

Parametro	**Rimozione (%)**	**Note**
TOC	>90	TOC entrante ≈ 1 g/l
AOX (composti organici alogenati)	80	Conc. AOX entranti ≈ 40 mg/l

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Campo di applicazione

L'ossidazione chimica è, in genere, utilizzata per il trattamento di rifiuti liquidi contenenti sostanze non prontamente biodegradabili o totalmente non biodegradabili (ad esempio, composti inorganici), che potrebbero influenzare negativamente i processi biologici o chimico-fisici posti a valle o rappresentare un rischio per l'ambiente. Tra queste sostanze si citano:

- oli e grassi
- fenoli
- idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
- composti organici alogenati
- coloranti (mediante reattivo di Fenton)
- pesticidi
- cianuri
- solfuri
- solfiti

- complessi di metalli pesanti

Alcuni dei composti sopra menzionati possono essere parzialmente degradati anche ricorrendo a trattamenti di tipo biologico, mediante l'utilizzo di appositi microrganismi adattati; la scelta in merito al tipo di trattamento di ossidazione da adottare (chimico-fisico o biologico) dipende, in tal caso, dalla specifica situazione locale. Il processo di ossidazione chimico-fisica è, in genere, da preferirsi qualora vengano trattati volumi limitati di rifiuto liquido.
L'ossidazione con ossigeno attivo (ozono, acqua ossigenata) è, ad esempio, utilizzata nel trattamento dei percolati di discarica o per la rimozione di COD biorefrattario, composti osmogeni e pigmenti coloranti ed è spesso accompagnata dall'utilizzo di radiazioni ultraviolette.
Qualora il processo preveda l'utilizzo di radiazioni UV è di fondamentale importanza che il rifiuto liquido non sia caratterizzato da eccessiva torbidità, affinché sia garantita una buona trasmissione delle radiazioni stesse, e che il contenuto di ammoniaca sia relativamente basso (l'ammoniaca compete con i composti organici nella reazioni radicaliche). Deve, inoltre, essere prevenuta la formazione di schiume e deve essere garantita l'ossidazione completa dei contaminanti.
I parametri che necessitano di monitoraggio durante il processo di ossidazione sono:

- pH
- potenziale redox
- concentrazione di ozono (l'ozono nell'aria, in concentrazioni pari al 15-20%, è molto instabile e tende a decomporsi)
- concentrazione dell'ossigeno (per motivi di sicurezza)
- quantità del surplus di agente ossidante nell'effluente del processo
- contenuto di composti organici alogenati (AOX) nell'effluente, nel caso di utilizzo di agenti ossidanti a base di cloro; l'eccesso di cloro o ipoclorito dovrebbe essere rimosso al fine di prevenire la formazione di composti organici clorurati che risultano scarsamente degradabili e/o tossici

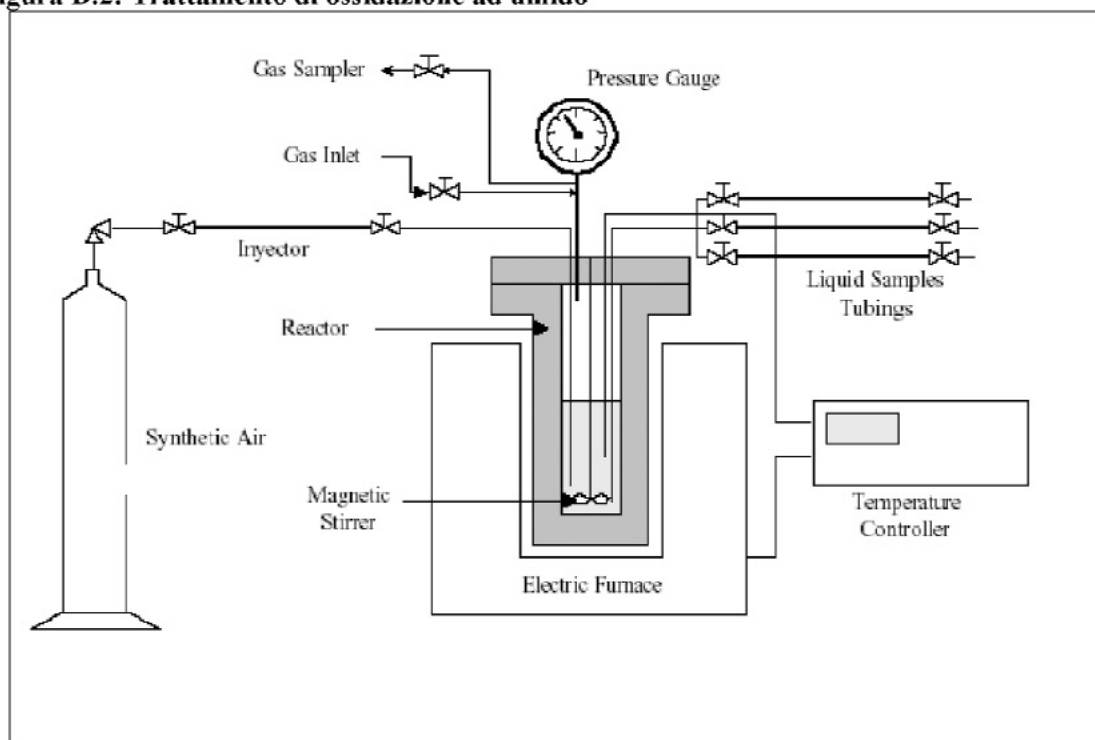
Vantaggi e svantaggi
I principali vantaggi e svantaggi dei trattamenti di ossidazione sono:

Vantaggi	Svantaggi
• trattamento di rifiuti liquidi con contenuti di COD refrattario in un range compreso tra alcuni g/l a meno di 1 µg/l ["Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"] • trattamento di composti inorganici • permette di gestire anche elevate fluttuazioni • limitati tempi di residenza e, quindi, ridotti volumi (l'ossidazione con perossido di idrogeno richiede tempi compresi tra i 60 ed i 90 minuti a temperatura e pressione ambiente ["Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"]) • trasformazione delle sostanze organiche complesse e/o nocive in sostanze inorganiche innocue • aumento della biodegradabilità per la	• elevati consumi di energia (produzione di ozono, raggi ultravioletti e, nel caso di reazioni con cloro, alte pressioni e temperature) • è richiesta una elevata "qualità" del flusso entrante (ad esempio, bassa torbidità) • nel caso di utilizzo di cloro come agente ossidante, possibile generazione di composti organici clorurati • non efficaci nella rimozione di sostanze inorganiche come ammoniaca e cloruri

Vantaggi	Svantaggi
trasformazione delle sostanze organiche complesse in sostanze organiche semplici • nessuna produzione di residui • il processo può essere combinato con tutti gli altri trattamenti (assorbimento su carbone attivo, strippaggio, trattamento biologico, ecc.)	

D.2.2.7 Processo di ossidazione ad umido (wet air oxidation)

Tra i diversi processi di trattamento dei rifiuti liquidi, l'ossidazione ad umido (wet air oxidation, WAO) è stata, negli ultimi anni, oggetto di notevole attenzione, sia per il progressivo affinamento della tecnologia, sia per l'evoluzione dei materiali che costituiscono il reattore. La WAO consiste nell'ossidazione in fase acquosa di sostanze disciolte o in sospensione; le temperature variano da 175 °C a 325 °C e le pressioni da 20 bar a 200 bar in maniera tale da garantire sempre la presenza delle fase liquida, limitare l'evaporazione dell'acqua ed avere una sufficiente pressione parziale dell'ossigeno. Il tempo di residenza del refluo nel reattore può variare da 15 a 120 minuti e la rimozione del COD è generalmente compresa tra il 75 ed il 90%. L'ossidazione viene effettuata con ossigeno fornito dall'aria (semplice o arricchita) oppure con ossigeno puro. I composti organici insolubili sono trasformati in composti organici semplici e solubili che, a loro volta, possono essere ulteriormente ossidati ad anidride carbonica ed acqua senza alcuna emissione di NO_x, SO_2, HCl, diossine, furani, ceneri, ecc. Dal punto di vista economico è, in genere, preferibile fermare l'ossidazione ad uno stadio intermedio. Le molecole semplici quali acidi acetico, propionico, metanolo, etanolo, acetaldeide, ecc. sono, infatti, caratterizzate da una elevata resistenza all'ossidazione ed è, pertanto, più conveniente avviarle a processi biologici a fanghi attivi. Lo schema del trattamento di ossidazione ad umido è riportato in figura D.2

Figura D.2: Trattamento di ossidazione ad umido

Il processo di ossidazione ad umido è regolato da due passaggi principali, il trasferimento dell'ossigeno dalla fase gassosa alla fase liquida, e la reazione chimica tra il substrato organico e l'ossigeno disciolto. La concentrazione dell'O_2 disciolto nella fase liquida dipende dalla velocità di reazione e dal processo di trasferimento dall'interfaccia gas-liquido; quest'ultimo è, a sua volta, influenzato dal grado di umidità nella fase gassosa, e/o dalla solubilità (in funzione della temperatura) dell'ossigeno in acqua. L'impiego di catalizzatori, porta ad un sostanziale guadagno su temperatura, pressione e tempo di ritenzione, permettendo di mantenere condizioni di processo meno severe con costi gestionali sensibilmente inferiori.
In molte applicazioni, in particolar modo su reflui industriali contenenti sostanze tossiche e/o non biodegradabili, la WAO viene utilizzata al fine di ridurre drasticamente la concentrazione delle sostanze tossiche e/o del COD e rendere, pertanto, il refluo adatto a successivi trattamenti di tipo biologico. In alternativa i reflui industriali contenenti sostanze organiche tossiche o non biodegradabili vengono avviati ad incenerimento; la WAO si colloca, pertanto, nella fascia dei trattamenti compresi tra il trattamento biologico e l'incenerimento, con costi nettamente inferiori rispetto a quest'ultimo.

Dati operativi

L'aria o l'ossigeno vengono miscelati con il rifiuto liquido entrante a monte del degli scambiatori di preriscaldamento. Il bilancio termico del processo, e quindi la necessità di avere o meno apporto di calore dall'esterno, dipende dalle caratteristiche del refluo da trattare ed in particolar modo dal valore di COD. Dopo il preriscaldamento, il flusso liquido, addizionato di aria/ossigeno e dell'eventuale catalizzatore, viene inviato al reattore dove permane, in condizioni di temperatura e di pressione prestabilite, per un periodo di tempo sufficiente a garantire il raggiungimento del livello di ossidazione voluto. Le condizioni di ossidazione vengono scelte in funzione del tipo di refluo da trattare e del risultato che si vuole raggiungere; i parametri principali sono rappresentati dalla temperatura e dal tempo di permanenza nel reattore. In alcuni casi anche la pressione parziale dell'ossigeno può giocare un ruolo importante. Per quei trattamenti finalizzati ad elevati abbattimenti del COD, dell'ordine dell'80÷90%, o a rimozioni consistenti di composti tossici e/o non biodegradabili, sono richieste temperature tra i 250 ed i 320° C e tempi di residenza dell'ordine dell'ora o più. L'efficacia del processo aumenta con l'impiego di catalizzatori, come il solfato ferroso o i sali di rame, che permettono di operare a temperature più basse garantendo, nel contempo, rendimenti maggiori.
Condizioni più severe per i parametri temperatura e pressione vengono adottati nella Supercritical Water Oxidation dove le temperature di esercizio sono comprese nel range 380÷650 °C con pressioni da 220÷500 bar; in questo caso i tempi di ritenzione sono molto bassi, dell'ordine di 1-2 minuti. I prodotti che escono dal reattore sono normalmente non gassosi: sali o acidi inorganici (in funzione del pH) e molecole organiche a basso peso molecolare. L'azoto presente nelle sostanze organiche viene, in genere, trasformato in nitrato o azoto ammoniacale mentre i derivati dello zolfo rimangono nella fase acquosa in forma di solfati.
Nei reflui industriali la presenza della componente organica è spesso associata alla presenza di metalli pesanti in forma di ioni o di complessi.
Il trattamento WAO comporta la demolizione dei complessi liberando i metalli in forma ionica; questi ultimi possono essere, quindi, rimossi per precipitazione, flocculazione e/o sedimentazione. Il surnatante dal trattamento chimico fisico, in virtù della presenza di composti semplici e biodegradabili, viene in genere inviato a trattamento biologico.
Per il processo WAO condotto a bassa pressione si riportano le seguenti prestazioni, tratte dal "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector":

Parametro	Prestazione	Note
COD	Abbattimenti 60-90%	Ad esempio: 85% di riduzione mediante il processo WAO (a 190 °C e 2 MPa) + riduzione per chiarificazione biologica

Parametro	**Prestazione**	**Note**
		pari al 90% = rimozione del 98% del COD
AOX	Rimozioni 60-90%	Temperatura di reazione 190 °C
BOD/COD	Incremento del rapporto da 0,1 a 0,5	Temperatura di reazione 190 °C
Solfito di sodio (Na_2SO_3)	Concentrazione dopo trattamento: 1 mg/l	Concentrazione iniziale: 30 g/l, T: 160 °C, P: 0,9 MPa

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Per il trattamento WAO ad alta pressione si riportano le seguenti prestazioni, tratte dal "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector":

Parametro	**Rimozione (%)**	**Note**
COD	99	Concentrazione iniziale: 30 g/l, T: 250 °C, P: 7 MPa
TOC	95	280 °C, 12 MPa
AOX	80	280 °C, 12 MPa
Acque reflue miste	77-81	TOC iniziale : 11,4 g/l, pH : 1,9, t : 280-300 °C

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Campo di applicazione

La WAO è applicabile a diverse tipologie di rifiuti liquidi contenenti composti organici ed inorganici tossici e difficilmente biodegradabili o non biodegradabili, quali ad esempio:

- cianuri organici ed inorganici
- composti alifatici, anche alogenati
- composti organici aromatici
- composti organici azotati
- bifenili policlorurati, fenoli e benzene
- alcoli aromatici e alifatici
- fanghi contaminati

Tali composti possono essere presenti in quantità rilevanti nei reflui dell'industria petrolchimica, tessile, farmaceutica e chimica.
L'impiego di scrubber a lavaggio acido e/o alcalino ed il passaggio finale su carbone attivo granulare, consentono di ridurre al minimo l'emissione di odori o di altre sostanze volatili. I costi di gestione sono imputabili, principalmente, al consumo di energia elettrica per la compressione dell'aria o dell'ossigeno e per il trattamento delle emissioni in aria. Se la concentrazione del COD rimosso dal substrato è sufficientemente elevata, tutta l'energia per il riscaldamento può essere ottenuta per scambio di calore tra flusso entrante e flusso uscente.
L'elevato grado di stress fisico-meccanico nonché l'elevata corrosione a cui sono sottoposti il reattore e l'intera sezione di trattamento (in funzione della salinità ed acidità del refluo), impongono una oculata scelta dei materiali di costruzione. Se il rifiuto liquido è libero da cloruri e da altri prodotti corrosivi, sono utilizzabili acciai inossidabili. In presenza di 400 mg/l o più di cloruri sono, invece, necessari materiali speciali come, ad esempio, il titanio. I costi d'investimento dipendono, pertanto, dalla tipologia di rifiuto liquido trattato, dalla temperature, dalle condizioni operative e dai materiali da utilizzare.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi dei trattamenti di ossidazione ad umido sono:

vantaggi	svantaggi
• efficace per ottenere una drastica riduzione di sostanze tossiche e COD e rendere, pertanto, il rifiuto liquido adatto a successivi trattamenti biologici	• possibili emissioni in atmosfera di composti organici volatili e di ammoniaca • fenomeni corrosivi e di stress meccanico impongono l'utilizzo di particolari materiali di costruzione che risultano, generalmente, più costosi • elevati consumi energetici

D.2.2.8 Riduzione chimica

La riduzione chimica prevede la conversione di sostanze inquinanti in composti meno nocivi e pericolosi mediante l'utilizzo di agenti riducenti. I reattivi più comunemente utilizzati sono:

- anidride solforosa
- bisolfito di sodio/metabisolfito di sodio
- solfato ferroso
- solfuro di sodio e bisolfuro di sodio
- urea o acido amidosulfonico (sulfamico, a basso pH)

Dati operativi

Il processo viene, in genere, condotto in reattore a mescolamento continuo (CSTR), strutturato e dimensionato sulla base delle caratteristiche del rifiuto e delle modalità di reazione adottate; ad esempio può essere necessario rivestire il reattore con materiale resistente alla corrosione e alla pressione e/o prevedere la sua copertura nel caso di possibile rilascio di composti gassosi. In alcuni casi, gli impianti devono essere, inoltre, dotati di opportune sezioni di trattamento dell'eccesso di reattivo (ad esempio, utilizzo di ipoclorito o di perossido di idrogeno per l'ossidazione di solfito a solfato). La necessità di tali sezioni può essere in parte mitigata mediante l'adozione di adeguati accorgimenti progettuali ed il controllo di alcuni parametri operativi, quali ad esempio il pH ed il potenziale di ossidoriduzione.

Gli impianti che effettuano il trattamento di riduzione chimica non necessariamente sono caratterizzati da elevati costi o da alta complessità tecnologica. Nel caso di processi di tipo continuo/automatico, ad esempio, il costo capitale può essere elevato, ma normalmente i costi operativi risultano relativamente bassi. In tali processi la reazione è condotta in unità completamente automatizzate il cui funzionamento viene monitorato seguendo l'andamento di parametri specifici (in genere, il potenziale redox).

Campo di applicazione

La riduzione chimica è applicata nel trattamento di rifiuti liquidi contenenti sostanze non prontamente removibili o non convogliabili nel sistema fognario a causa della eccessiva pericolosità. Il processo viene, in genere, applicato a contaminanti di tipo inorganico risultando meno efficace nel trattamento di composti organici.

Esempi di contaminanti avviati a riduzione sono:

- cromo (IV), ridotto a cromo (III)
- cloro o ipoclorito, ridotti a cloruro
- perossido di idrogeno, ridotto ad acqua e ossigeno
- nitrito, usando urea o acido amidosulfonico a basso pH.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi del trattamento sono:

Vantaggi	Svantaggi
• Possono essere trattati rifiuti in un vasto range di concentrazione (da qualche g/l a meno di 1 mg/l)	• Tendenza alla formazione di emissioni gassose (ad esempio, nel trattamento del solfuro si può avere la formazione di idrogeno solforato) • Le tipologie di sostanze inorganiche trattabili sono limitate • Può essere necessario rivestire il reattore con appositi materiali resistenti alla corrosione ed alla pressione

D.2.2.9 Strippaggio con aria

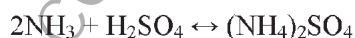
Lo strippaggio con aria è un processo fisico teso a rimuovere, dai rifiuti liquidi, i composti organici ed inorganici (ad esempio, ammoniaca) volatili mediante il trasferimento degli stessi dalla fase acquosa a quella gassosa. Sebbene il processo sia, in genere, favorito dalle temperature più elevate, va rilevato che i solventi clorurati, i solventi aromatici ed i trialometani, possono essere estratti anche a temperatura ambiente.

Dati operativi

Lo strippaggio con aria può essere realizzato in bacini aerati, ma le applicazioni più comuni prevedono l'utilizzo di colonne operanti a pressione atmosferica, contenenti opportuni corpi di riempimento. Il principale problema gestionale è rappresentato dal progressivo accumulo di incrostazioni (ad esempio carbonato di calcio) sui corpi di riempimento. In alcuni casi, esse possono essere rimosse mediante semplice lavaggio con getto d'acqua a pressione, mentre in altri casi è necessario ricorrere ad interventi più drastici come lavaggi acidi o rimozione meccanica. Talvolta le incrostazioni sono così elevate da richiedere la sostituzione di interi elementi dell'impianto.
Il flusso d'aria viene di solito trattato al fine di limitare la presenza di inquinanti oppure per recuperare o ottenere prodotti chimici commercializzabili (l'ammoniaca viene, ad esempio, recuperata ed utilizzata per produrre solfato d'ammonio in un circuito chiuso; con questo sistema si elimina quasi completamente il problema delle incrostazioni).
L'efficienza del processo è strettamente correlata, oltre che alla temperatura, al rapporto liquido/gas (L/G) tra la portata di liquido da trattare e la portata di aria da utilizzare; il consumo specifico di gas varia da qualche centinaio fino ad oltre 1.000-1.200 m^3 per ogni m^3 di liquido da trattare. La temperatura di esercizio è compresa tra quella ambiente ed i 55-60 °C, in relazione alle caratteristiche dei componenti da strippare.
Nel caso dello strippaggio di ammoniaca in circuito chiuso la soluzione acquosa da trattare deve essere preventivamente alcalinizzata fino a pH ≈ 11,5 affinché l'equilibrio chimico, che consente la separazione, sia spostato verso sinistra:

$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$ per favorire la trasformazione di NH_4^+ in azoto ammoniacale NH_3

Il flusso gassoso in uscita dalla colonna di strippaggio, ricco in ammoniaca, viene aspirato da un elettroventilatore ed inviato ad un torre di assorbimento dove l'ammoniaca viene trasferita ad una fase acida con conseguente formazione di solfato di ammonio:

$2NH_3 + H_2SO_4 \leftrightarrow (NH_4)_2SO_4$

Il processo richiede il monitoraggio di diversi parametri ed in particolare di:
- pH (soprattutto nel caso in cui siano presenti ammoniaca e idrogeno solforato)
- composizione e caratteristiche del flusso entrante
- pressione
- temperatura
- livello del liquido e rapporto di ricircolo

Campo di applicazione
Sostanze come solventi clorurati (cloruro di metile, tetracloroetilene, 1,1,1-tricloroetano, ecc.), solventi aromatici (come benzene, toluene, ecc.) e trialometani possono essere rimosse anche a temperature ambiente; al fine di limitare i costi vengono, in genere, trattati rifiuti liquidi con concentrazioni di inquinanti inferiori a 100 mg/l, anche se tecnologicamente le efficienze di rimozione del processo possono essere elevate a concentrazioni ben superiori. Una particolare applicazione di questo principio è lo strippaggio con aria dell'ammoniaca presente in alcuni tipi di reflui industriali. Il metodo consente, infatti, di trattare soluzioni acquose con contenuto di ammoniaca anche superiore a 5-10 g/l.

Vantaggi e svantaggi
I principali vantaggi e svantaggi del trattamento sono:

Vantaggi	Svantaggi
• elevata efficienza di rimozione • consente il recupero di materia • basse perdite di carico • bassi consumi di energia	• in determinate condizioni (concentrazione di Fe > 5 mg/l, durezza dell'acqua > 800 mg/l) tendono a formarsi incrostazioni; è, pertanto, richiesto l'utilizzo di agenti disincrostanti • il gas proveniente dallo strippaggio deve essere trattato • sono richieste frequenti operazioni di pulizia della colonna

D.2.2.10 Distillazione/rettifica

Il processo di distillazione/rettifica consiste nella separazione dei composti più volatili da un rifiuto liquido ad elevato contenuto organico, attraverso l'ebollizione e la condensazione dei vapori ottenuti.
Le principali soluzioni impiantistiche sono la distillazione semplice, che può avvenire in batch o in continuo, e quella multipla o frazionata.
La distillazione può essere applicata efficacemente ai rifiuti contenenti sostanze organiche sufficientemente volatili da poter essere rimosse fornendo calore.
In generale, i tipici rifiuti industriali trattati per distillazione sono i liquidi organici, inclusi i solventi e ed i composti alogenati.
La distillazione semplice, se condotta "a film sottile", permette di trattare solventi di scarto provenienti dall'industria chimica, della plastica, elettronica e farmaceutica. Possono essere recuperati composti alogenati e non, nonché alcoli, chetoni, esteri, glicoli, eteri, idrocarburi aromatici, nafta, freon. Possono essere, inoltre, trattati fondami, oli lubrificanti di scarto, pigmenti e coloranti.
A differenza dei sistemi batch, caratterizzati da maggior elasticità, quelli in continuo devono essere alimentati con reflui a bassissimo contenuto di solidi, per evitare la formazione di incrostazioni che possono danneggiare il sistema.

Dati operativi
Le percentuali di abbattimento ed i livelli di emissione conseguibili per alcuni composti mediante il processo di distillazione/rettifica sono:

Parametro	**Percentuale di abbattimento (%)**	**Livello di emissione (mg/l)**	**Concentrazione nell'alimentazione (g/l)**
Fenoli	96	2.000	50
Metanolo	97,5	2.000	80
Epicloroidrina	90	700	7
Anilina	97,5	100	4
Clorobenzene	90	10	0,1

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Limiti di utilizzo:

	Limiti/restrizioni
Concentrazione del rifiuto liquido in ingresso al trattamento	È necessario che la concentrazione sia sufficientemente elevata affinchè il processo di distillazione sia economicamente fattibile
Temperatura di ebollizione	Vi deve essere una sufficiente differenza tra la temperatura di ebollizione del refluo e quella dei contaminanti; le miscele azeotropiche, affinchè possa essere condotto il processo di distillazione, necessitano di additivi

L'input deve essere costantemente monitorato al fine di impedire l'ingresso di composti solidi indesiderati che potrebbero interferire nel processo o danneggiare l'impianto. È, inoltre, richiesta una continua manutenzione per prevenire la perdita di solventi nell'ambiente.

Campo di applicazione
La distillazione/rettifica dei rifiuti liquidi ha un campo di applicazione abbastanza limitato; essa è in genere utilizzata nel:
- recupero di solventi dopo l'operazione di estrazione;
- recupero di solventi nei processi produttivi (ad es., separazione di alcol nella produzione di metil-cellulosa);
- trattamento delle emulsioni;
- pretrattamento di acque reflue per la rimozione dei principali contaminanti;
- recupero di composti organici dai residui liquidi derivanti dallo scrubber ("scrubbing liquors")

Vantaggi e svantaggi
I principali vantaggi e svantaggi del processo di distillazione/rettifica sono:

Vantaggi	**Svantaggi**
• Consente il recupero di materia • Consente di rimuovere composti organici bio-refrattari e/o tossici	• I rifiuti derivanti dal processo devono essere smaltiti, in genere mediante incenerimento • Elevati consumi di energia • Campo di applicazione abbastanza limitato

D.2.2.11 Evaporazione

Il processo di evaporazione sfrutta gli stessi meccanismi della distillazione (ebollizione di una fase liquida e condensazione dei vapori ottenuti) ma si applica quando la tensione di vapore dei componenti presenti in una soluzione, in genere acquosa, è molto minore rispetto a quella del solvente (acqua).
Esso si realizza fornendo energia termica alla soluzione acquosa, che viene portata all'ebollizione in modo da provocare una parziale vaporizzazione dell'acqua e nel contempo produrre una fase concentrata ricca di componenti "non volatili".
L'evaporazione avviene, di solito, in evaporatori "a circolazione naturale" e può essere provocata dai moti indotti dalla sola ebollizione, o per mezzo di circolazione forzata (con maggiori costi di esercizio), in cui la velocità e la turbolenza sono incrementate mediante l'utilizzo di una pompa di circolazione. Queste condizioni sono particolarmente utili nel caso vi sia pericolo di depositi e incrostazioni sulla superficie di scambio termico. Altre tipologie di evaporatori sono: STV (Short Tube Vertical) o "Calandria", evaporatori Basket Type, evaporatori a film cadente, evaporatori a film sottile agitato.
L'evaporazione è stata per lungo tempo associata ad elevati consumi energetici ma i notevoli sviluppi apportati a questa tecnologia hanno incrementato la sua efficienza termica in modo considerevole. Tra le molteplici possibilità attualmente a disposizione basta citare l'evaporazione sotto vuoto, il "multiplo effetto", che utilizza come fluido riscaldante il vapore prodotto in altri evaporatori e la termocompressione, che consente di riutilizzare il vapore, opportunamente compresso, nello stesso evaporatore in cui è prodotto.
Le applicazioni di questa tecnologia sono abbastanza vaste poiché la fase condensata presenta la quasi completa assenza di sostanze solide sospese e di sostanze non volatili (sali, metalli) e la fase concentrata (rifiuto da smaltire) subisce una drastica riduzione di volume, con evidenti benefici per i costi di smaltimento. Molte sono le analogie con i processi a membrana che, al fine di pervenire ad una elevata concentrazione della fase liquida da smaltire, possono essere efficacemente integrati dal processo di evaporazione.

Dati operativi

Il processo prevede, in genere, l'utilizzo di più unità poste in serie in cui il calore di condensazione di uno stadio viene utilizzato per riscaldare il condensato (ad esempio, il refluo) proveniente dallo stadio precedente. Normalmente si opera a pressioni intorno ai 12-20 kPa e a temperature comprese tra i 50 ed i 60 °C.
Qualora il processo sia attuato al fine di consentire il recupero di materia, è necessario ricorrere ad operazioni preliminari al trattamento di evaporazione tra cui, ad esempio:

- aggiunta di acidi, basi, ecc., al fine di ridurre la volatilità dei composti molecolari
- separazione di fasi liquide insolubili (ad es. separazione olio/acqua)
- separazione chimico-fisica dei metalli pesanti e/o di altri solidi

Il concentrato, se non è avviato a riciclaggio, deve essere ulteriormente trattato e opportunamente smaltito, ad esempio mediante incenerimento.
Il trattamento offre elevate prestazioni con performance di rimozione dell'ordine del 99%, ma richiede costanti interventi di manutenzione per evitare la formazione di incrostazioni, intasamenti e fenomeni di corrosione che ostacolano la trasmissione di calore al liquido, riducendo l'efficienza energetica. È, inoltre, richiesto un monitoraggio in continuo dei contaminanti o di parametri surrogati quali, ad esempio, TOC, pH, conducibilità, ecc.

I principali limiti di utilizzo sono:

	Limiti/restrizioni
Incrostazioni	Gli scambiatori di calore tendono a formare incrostazioni
Corrosione	Vulnerabilità alle sostanze corrosive
Sostanze	La formazione di schiume, colloidi e la presenza di particelle sospese disturba il processo; evaporazione di composti organici ed inorganici volatili

Campo di applicazione

Il processo di evaporazione viene, generalmente, utilizzato:

- per la concentrazione dei "mother liquors" e dei liquidi derivanti dal trattamento dei gas al fine di riciclare sostanze di valore;
- per l'evaporazione e la cristallizzazione dei solidi, sia ai fini del loro recupero sia per la depurazione del rifiuto liquido;
- come pretrattamento finalizzato alla concentrazione del rifiuto.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi del processo di evaporazione sono:

Vantaggi	**Svantaggi**
• Consente il recupero di materia • Consente di rimuovere composti organici bio-refrattari e/o tossici • Consente di ridurre il volume del rifiuto liquido, con conseguenti benefici nelle successive fasi di gestione dello stesso • La fase condensata presenta la quasi totale assenza di sostanze solide sospese e di sostanze non volatili • Consente di ridurre il quantitativo ed il volume dei rifiuti pericolosi	• I rifiuti derivanti dal processo devono essere smaltiti, qualora non riciclabili, in genere mediante incenerimento • Elevati consumi di energia • Possibile rilascio di composti volatili in atmosfera o contaminazione del condensato • Il processo è soggetto a fenomeni di incrostazione, corrosione e formazione di schiume

D.2.2.12 Estrazione con solvente

Per estrazione si intende quel processo finalizzato alla separazione di composti solubili da un rifiuto acquoso mediante il loro trasferimento in un solvente totalmente immiscibile o scarsamente miscibile con l'acqua. A tale fine un solvente dovrebbe:

- presentare bassa solubilità e miscibilità in acqua (ad es. toluene, pentano ed esano)
- avere maggiore capacità di disciogliere il contaminante rispetto all'acqua
- essere facilmente separabile dall'acqua, ad esempio, grazie ad una elevata differenza di densità
- essere facilmente separabile dai composti estratti, ad esempio, grazie ad un basso punto di vaporizzazione
- presentare bassa tossicità
- avere buona stabilità termica

Dati operativi
L'estrazione viene effettuata in apposite colonne dove il rifiuto liquido viene posto a contatto con il solvente estraente in diversi modi:

- in contro-corrente
- mediante l'utilizzo di miscelatori-sedimentatori
- mediante l'utilizzo di colonne a piatti forati o colonne impaccate
- ecc.

La fase di estrazione è seguita dall'operazione di separazione liquido/liquido e dalla distillazione del solvente. Il rifiuto liquido trattato deve essere, in genere, sottoposto ad un ulteriore trattamento per la rimozione della frazione residua dell'estraente (ad esempio, mediante strippaggio o adsorbimento su carbone attivo).

Applicabilità e limiti di utilizzo:

	Limiti e restrizioni
Solidi sospesi	Nel rifiuto liquido non dovrebbero essere presenti solidi sospesi e/o emulsioni
Solvente	La perdita di solvente causa un incremento dei costi ed un impatto ambientale; la rigenerazione del solvente può risultare molto complessa ed onerosa.

Campo di applicazione
L'estrazione con solvente viene utilizzata per la rimozione di diversi contaminanti organici e complessi metallici da soluzioni non eccessivamente diluite. A basse concentrazioni l'estrazione non è competitiva rispetto all'adsorbimento o al trattamento biologico.
Esempi di applicazioni sono:

- rimozione dei fenoli
- riciclaggio di metalli (ad es. Zn)
- riciclaggio di sostanze da acque madri
- rimozione degli esteri dell'acido fosforico
- rimozione di composti aromatici clorurati

Vantaggi e svantaggi
I principali vantaggi e svantaggi del processo di estrazione con solvente sono:

Vantaggi	Svantaggi
• consente la rimozione ed il riciclaggio di composti organici bio-refrattari e/o tossici e di alcuni metalli	• i rifiuti dal trattamento devono essere smaltiti (ad esempio, mediante incenerimento) • utilizzo limitato (fortemente influenzato dalle proprietà del solvente) • tecnica non competitiva, rispetto all'adsorbimento ed al trattamento biologico, a basse concentrazioni di contaminanti

D.3 Trattamenti biologici dei rifiuti liquidi

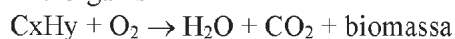
I composti organici biodegradabili vengono comunemente avviati a trattamento biologico aerobico o anaerobico. In generale, la biodegradabilità di un rifiuto liquido può essere stimata sulla base del rapporto BOD/COD; valori inferiori a 0,2 sono caratteristici di un rifiuto liquido relativamente non

biodegradabile, mentre valori compresi tra 0,2 e 0,4 individuano un rifiuto moderatamente biodegradabile e valori maggiori di 0,4 un rifiuto contraddistinto da una buona biodegradabilità.
Lo schema impiantistico più diffuso è quello a fanghi attivi che è costituito, nei suoi elementi essenziali, da una vasca aerata, un chiarificatore, una linea di ricircolo dei fanghi e una linea di trattamento dei fanghi estratti, che nel caso delle piattaforme si riduce generalmente a un semplice comparto di disidratazione. Esistono anche soluzioni impiantistiche più compatte come i reattori batch sequenziali (SBR, Sequencing Batch Reactor), nei quali le fasi di aerazione e sedimentazione avvengono in sequenza temporale in un medesimo bacino.
Per quanto riguarda gli aspetti processistici di tali trattamenti e di altri processi aerobici ed anaerobici di minore diffusione ma di consolidata applicazione in campo ambientale, quali lagune aerate, filtri percolatori, biodischi o biorulli, UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket reactor), filtri anaerobici, digestori anaerobici e lagune coperte, si rimanda alla letteratura specializzata.
La valutazione della convenienza del trattamento biologico dei rifiuti liquidi si basa fondamentalmente sulla biodegradabilità degli stessi, capacità che risulta nota per molti composti ma che per altri deve essere valutata mediante apposite prove di laboratorio.

I trattamenti biologici che abitualmente riguardano l'ossidazione, la nitrificazione e la denitrificazione, possono essere realizzati con modalità impiantistiche differenti e possono essere in continuo o no, con biomassa sospesa, adesa oppure prevedere entrambi i sistemi.
L'ossidazione inoltre può avvenire mediante l'insufflazione di aria atmosferica o ossigeno puro o una miscela dei due, in impianti coperti o aperti, anche riscaldati.
I trattamenti biologici richiedono una certa attenzione in fase gestionale in quanto si basano su cinetiche batteriche e non seguono quindi precise reazioni stechiometriche ma risultano, nel complesso, molto più economici rispetto ai processi chimici; è, comunque, spesso necessario ricorrere alla combinazione delle due tipologie di trattamento. Infatti, bisogna tenere in considerazione che:

- il trattamento biologico può non essere immediatamente applicabile per le sostanze che a priori (ad esempio, per provenienza) dovrebbero risultare biodegradabili, a causa della presenza di sostanze tossiche o inibenti l'attività biologica;
- l'assenza, nei reflui contenenti sostanza organica biodegradabile, di alcune sostanze (nutrienti) richiede una necessaria miscelazione con altri reflui (o un'aggiunta di nutrienti sotto forma di composti specifici) o rende i reflui utilizzabili per particolari processi (per esempio come fonte esterna di carbonio da utilizzare nella fase di denitrificazione);
- un'apparente non trattabilità biologica può essere superata mediante semplici pretrattamenti chimico-fisici;
- il trattamento biologico può precedere o seguire un trattamento chimico-fisico a seconda della tipologia dei reflui da trattare, tenendo presente che per ossidare materiale biodegradabile è più conveniente utilizzare l'ossidazione biologica, che, peraltro, esclude l'aggiunta di sostanze chimiche.

D.3.1 Trattamenti aerobici

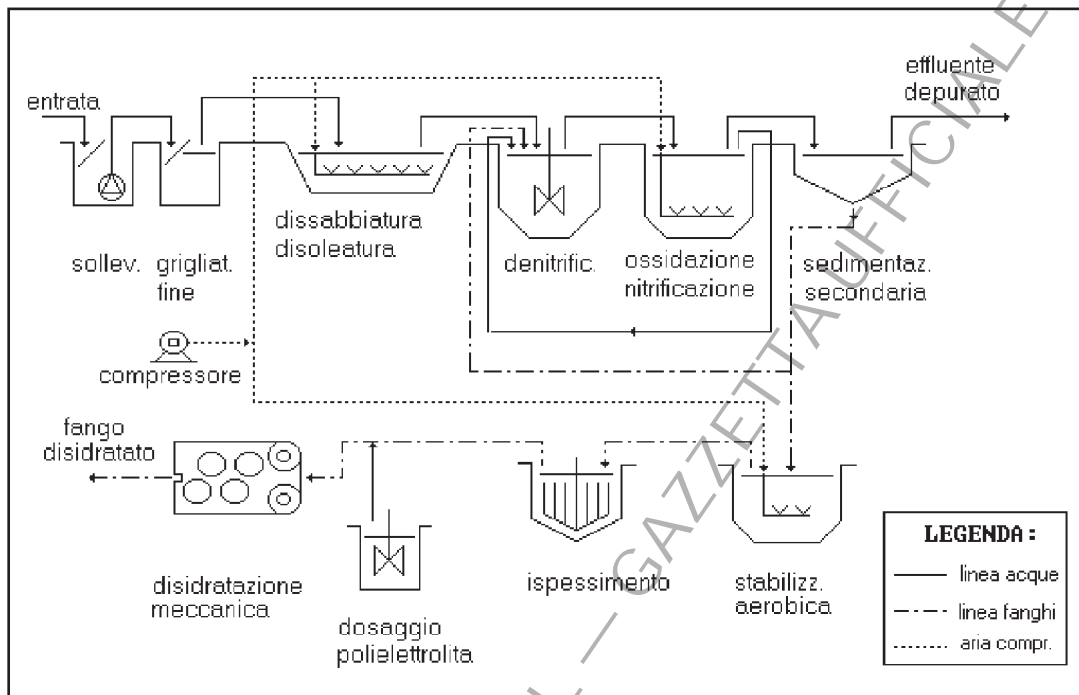
I processi aerobici si basano sullo sviluppo di microrganismi aerobi o facoltativi (batteri, funghi, protozoi, alghe, ecc.) che decompongono gli inquinanti organici e inorganici non metallici in composti più semplici (acqua, CO_2, nitrati, solfati, fosfati, composti organici a basso peso molecolare) portando alla formazione di nuova biomassa. Un processo di biodegradazione aerobica può essere rappresentato dalla seguente equazione:

microrganismi
$CxHy + O_2 \rightarrow H_2O + CO_2 + \text{biomassa}$
nutrienti

Durante il processo si perviene ad un accumulo di biomassa (fango) che deve essere periodicamente asportata (e smaltita) perché si mantenga l'equilibrio del sistema.
Come in precedenza accennato, il processo di tipo aerobico più utilizzato è quello definito a fanghi attivi. In tale processo i reflui entrano nel bacino di aerazione dove i microrganismi in sospensione aggrediscono gli inquinanti presenti nelle acque da trattare. L'ossigeno è fornito tramite aerazione meccanica (turbine) o tramite un sistema di insufflazione (di aria od ossigeno puro). L'agitazione provocata da questi sistemi consente anche di mantenere in sospensione la biomassa.
La miscela aerata ("mixed-liquor") passa poi al chiarificatore dove i fanghi vengono separati dall'acqua ormai depurata.
Parte della biomassa viene ricircolata nel bacino di aerazione, mentre la rimanente (fango di supero) viene estratta, mandata alla linea fanghi e smaltita come rifiuto nel rispetto delle normative vigenti.

Il processo a fanghi attivi viene attuato attraverso alcune tecniche impiantisticamente ampiamente consolidate:

- il sistema a plug flow, che usa bacini di ossidazione lunghi e stretti, per fornire una miscelazione tipica dei sistemi a pistone
- il sistema a miscelazione completa, nel quale la portata influente costituita dai liquami e dai fanghi di ricircolo viene distribuita in più punti della vasca di aerazione, per agevolare una rapida miscelazione della portata influente con tutta la biomassa contenuta nel reattore
- il sistema ad aerazione prolungata, che utilizza tempi di ritenzione idraulica elevati (18÷24 ore) e bassi rapporti di carico del fango, corrispondenti ad elevate età del fango
- i sistemi con aerazione e decantazione intermittenti, nei quali in un unico bacino vengono attuate sia la fase di ossidazione biologica, che quella di sedimentazione. Un tipico sistema di questo tipo è rappresentato dal SBR, particolarmente adatto alla rimozione di sostanze biorecalcitranti
- il sistema di trattamento a fanghi attivi, con l'impiego di ossigeno puro

Esistono anche processi biologici a biomassa adesa che consentono soluzioni impiantistiche più compatte e adatte a rifiuti liquidi dotati di alto carico, nei quali la biomassa si sviluppa su di un supporto fisso. I principali sistemi a colture adese sono rappresentati da: filtri percolatori, rotori biologici e filtri biologici sommersi.
La linea di trattamento dei fanghi di supero, in funzione dello smaltimento finale, può essere costituita semplicemente da una disidratazione meccanica (in genere con filtropressa o nastropressa) oppure può prevedere diverse fasi di trattamento aggiuntive, quali ad esempio: digestione aerobica o anaerobica, condizionamento chimico, ispessimento, essiccamento termico, combustione.
In generale, il processo a fanghi attivi è inserito in schemi di trattamento più complessi, dove ogni fase è deputata alla rimozione di particolari inquinanti. E' anche possibile dosare carbone attivo in polvere nella vasca di ossidazione per rimuovere composti non facilmente biodegradabili e sostanze tossiche per la biomassa.
Al fine di ottenere la rimozione biologica dei nutrienti (azoto e fosforo), il processo a fanghi attivi può essere realizzato in diverse configurazioni comprendenti anche fasi anossiche e/o anaerobiche.
In particolare, per la rimozione dell'azoto lo schema di processo comprende una fase aerata a basso carico per consentire l'adeguato sviluppo della flora batterica che è in grado di ossidare l'azoto ammoniacale ad azoto nitrico, ed una fase anossica nella quale alcuni ceppi batterici facoltativi riducono l'azoto nitrico ad azoto gassoso; in tale fase, poiché i batteri responsabili della denitrificazione necessitano, per svilupparsi, di essere alimentati, occorre aggiungere composti organici facilmente biodegradabili.
In alternativa, lo schema di processo di molti impianti, come quello indicato nella figura, prevede che la fase di denitrificazione preceda la nitrificazione, per cui il trattamento di denitrificazione viene condotto solo sul flusso di ricircolo del refluo prelevato a valle della ossidazione e del fango

dal decantatore finale. La rimozione del fosforo può avvenire per via chimica o biologica. La prima comprende l'impiego di reattivi chimici che inducono la formazione di composti insolubili da separare nella decantazione finale, la seconda viene condotta nei tipici processi a fanghi attivi ed ha un rendimento pari a circa il 30% (rendimenti maggiori possono essere ottenuti inserendo in modo opportuno nello schema di processo una fase anaerobica). Per ulteriori dettagli sui trattamenti biologici di rimozione dell'azoto e del fosforo si vedano i successivi capitoli F e G.

Dati operativi
I parametri che condizionano il rendimento dei tipici processi biologici a fanghi attivi sono i seguenti:

- fattore di carico organico del fango Fc [kgBOD/kgSS x giorno], ovvero carico di BOD per kg di biomassa per giorno. Il valore corretto dipende dal dimensionamento dell'impianto e quindi dagli obiettivi da raggiungere. Per una efficiente ossidazione dell'azoto ammoniacale, anche a temperature relativamente basse, occorrerebbe lavorare in condizioni abitualmente definite di "aerazione prolungata" con Fc < 0,2 kg BOD/kg SS x giorno. Valori superiori, fino a circa 0,8 – 1 kg BOD/kg SS x giorno, sono associati a varie configurazioni impiantistiche che consentono di rimuovere almeno le sostanze organiche.
- SS (solidi sospesi totali nella miscela aerata) [g/l] e VSS (solidi sospesi volatili nella miscela aerata) [g/l] e/o [% di SS]. Questi due parametri forniscono una stima grossolana della concentrazione della biomassa batterica attiva presente nel reattore biologico dell'impianto, ovvero della quantità di batteri in grado di operare i processi di trattamento biologici. Mediamente nei processi a fanghi attivi si utilizzano valori di SS compresi tra 3 e 4 g/l, anche se in condizioni specifiche può essere necessario mantenere valori più bassi o più elevati. I limiti inferiore e superiore dipendono dalla specifica configurazione impiantistica, dalla portata e della concentrazione dei liquami da trattare. Per esempio, valori troppo elevati possono peggiorare il rendimento del decantatore finale e quindi causare l'aumento della concentrazione dei solidi sospesi nell'effluente. Il valore dei VSS è mediamente compreso tra il 60 ed il 70 % del valore degi SS. I valori più bassi sono indice di una maggiore mineralizzazione del fango e corrispondono a bassi valori di Fc.

- Ossigeno disciolto [mg/l]. Per la respirazione dei batteri aerobi è necessario fornire ossigeno. Normalmente si mantengono concentrazioni comprese tra 1,5 e 3 mg/l. Valori superiori non sono convenienti in quanto non consentono apprezzabili miglioramenti in termini di velocità della reazione o di rendimento. In presenza di situazioni particolari della flora batterica, con sviluppo predominante di fiocchi leggeri o di specifici ceppi di batteri filamentosi, è possibile, o necessario, mantenere valori anche inferiori.
- Temperatura [°C]. Tutti i processi biochimici sono influenzati dalla temperatura. In generale i processi a fanghi attivi forniscono il loro rendimento ottimale a temperature comprese tra 20 e 30 °C. Valori superiori favoriscono lo sviluppo di ceppi di microrganismi specializzati che spesso danno origine a effetti collaterali indesiderati, con sviluppo di schiume ecc.. Valori inferiori a 8 – 10 °C rallentano eccessivamente, o fermano, i processi di ossidazione dell'ammoniaca, mentre sotto i 5 °C si ha l'arresto quasi completo dell'attività biologica.
- Nutrienti. La biomassa presente nel processo a fanghi attivi necessita di azoto e fosforo per attuare la sintesi cellulare, i processi metabolici e la rimozione dei composti organici. Oltre a questi nutrienti è necessaria la presenza in tracce di altri nutrienti per assicurare una buona formazione dei fiocchi batterici. Le condizioni con carenza di nutrienti stimolano la crescita di microrganismi filamentosi. L'azoto nei liquami è disponibile per la biomassa come ammonio o come nitrato; l'azoto organico, presente nelle acque di scarico sotto forma di proteine o aminoacidi, viene, infatti, idrolizzato mediante meccanismi enzimatici, con formazione di ammonio. La velocità di rimozione dei composti organici, con ammonio come fonte di azoto, è più elevata rispetto a quella rilevata con l'impiego di nitrato come fonte di azoto. Il fosforo deve essere presente nei reflui in forma di ortofosfato solubile, affinché possa essere assimilato dalla biomassa. Il fosforo presente sotto forma di complessi inorganici, oppure legato a substrati organici, per essere disponibile per l'assimilazione deve essere preventivamente bioidrolizzato ad ortofosfato. Generalmente viene assunta la regola che per la rimozione ottimale del BOD il rapporto di massa tra i vari nutrienti debba essere di 100:5:1 (BOD:N:P). Un rapporto più elevato (ad esempio 150:5:1) comporta una riduzione della velocità di rimozione del BOD e promuove la formazione di batteri filamentosi. Nei processi in continuo la quantità di azoto e fosforo richiesta dal sistema dipende dalla crescita cellulare ovvero dalla produzione di fango. Il contenuto di azoto nei fanghi biologici, dove la quantità di azoto non è un fattore limitante, risulta pari a circa il 12,3% in peso, calcolato sui solidi sospesi volatili. Il contenuto di azoto nei fanghi diminuisce quando il fango è posto in condizioni endogene, e l'azoto rappresenta un fattore limitante la crescita batterica. Infatti il contenuto di azoto nella massa cellulare non biodegradabile scende a valori del 7%. Analogamente il contenuto di fosforo nel fango in condizioni non limitanti la crescita della biomassa è pari al 2,6 % in peso, calcolato sui solidi sospesi volatili; questo valore nella massa cellulare non biodegradabile scende all'1%.

<u>Campo di applicazione</u>

I trattamenti aerobici sono normalmente applicati a reflui contenenti sostanze organiche biodegradabili e alcuni inquinanti inorganici non metallici come solfuri e cianuri; non si esclude, comunque, il loro impiego anche in presenza di composti complessi.

Il trattamento biologico di sostanze organiche poco biodegradabili e, talvolta, tossiche è effettuabile solo attraverso una accurata selezione e acclimatamento della biomassa; ciò presuppone una alimentazione costante di dette sostanze sia in termini qualitativi che in termini quantitativi (procedura adottata nel caso, ad esempio, di scarichi industriali di qualità costante). In tali situazioni, se sono presenti sostanze poco degradabili e/o tossiche in concentrazioni non troppo elevate, possono svilupparsi microrganismi in grado di aggredirle e demolirle.

In ogni caso i rifiuti liquidi devono essere preventivamente caratterizzati per determinare le concentrazioni di composti che possono essere inibenti o tossici per l'attività della biomassa. Tra questi si possono includere metalli pesanti, sali disciolti, sulfuri, oli e grassi, alcuni composti organici volatili (COV) e semivolatili (SCOV).

La presenza di metalli comporta una serie di problemi, quali:
- incremento della tossicità dell'effluente
- concentrazioni limite permesse allo scarico molto basse
- fenomeni di bioconcentrazione che possono portare ad elevati livelli di metalli nel fango stabilizzato con limitazioni allo smaltimento finale del fango stesso e che normalmente impongono un pretrattamento chimico-fisico del rifiuto liquido.

I metalli ed i cianuri, se in concentrazioni accettabili, possono però essere rimossi anche mediante il processo a fanghi attivi attraverso i seguenti meccanismi di rimozione:
- intrappolamento dei metalli precipitati nella matrice dei fiocchi batterici
- legame dei metalli solubili con polimeri extracellulari generati dai batteri (la produzione di polimeri extracellulari è funzione dell'età del fango)
- accumulo dei metalli all'interno delle cellule batteriche
- biodegradazione e volatilizzazione dei cianuri in funzione del tempo di ritenzione dei solidi e dell'aerazione.

Nei processi a fanghi attivi l'accumulo di metalli nel fango aumenta al crescere del tempo di ritenzione dei solidi. La rimozione dei metalli dovrebbe essere, pertanto, attuata prima dell'invio del rifiuto liquido al trattamento a fanghi attivi.

Nel caso di trattamento combinato di reflui industriali e reflui civili, in impianti a fanghi attivi, vanno considerati i seguenti aspetti:
- effetto sulla qualità del fango. I reflui rapidamente biodegradabili stimolano la crescita di filamentosi, mentre quelli lentamente degradabili frequentemente ne sopprimono la crescita. I liquami civili in sé, sono soggetti allo sviluppo di bulking filamentoso nei fanghi biologici; l'aggiunta di un refluo con substrati rapidamente degradabili incrementa ulteriormente il potenziale sviluppo di filamentosi, pertanto in questi casi sarebbe utile l'uso di un selettore biologico o di una configurazione a plug-flow
- Bioinibizione e tossicità. Molti rifiuti liquidi o reflui industriali inibiscono il processo a fanghi attivi ed, in particolar modo, la fase di nitrificazione. Essi, inoltre, possono essere fonte di potenziale tossicità per il corpo idrico recettore se gli eventuali composti tossici passano attraverso il trattamento a fanghi attivi senza subire alcuna demolizione. È, pertanto, necessario che le caratteristiche dei rifiuti liquidi o dei reflui industriali siano attentamente valutate al fine di verificarne la compatibilità con il processo di trattamento biologico a fanghi attivi
- Fabbisogno di nutrienti (azoto e fosforo). Poiché alcuni scarichi industriali presentano uno squilibrio nel rapporto tra i nutrienti BOD:N:P è necessario verificare con frequenza le determinazioni analitiche dei parametri correlati, ed eventualmente provvedere a ristabilire i corretti rapporti mediante un opportuno bilanciamento dei flussi.

Poiché la biomassa preposta ai processi biologici di trattamento è normalmente costituita da un insieme di parecchi ceppi batterici ed altri microrganismi, il cui sviluppo è depresso o agevolato dalle specifiche condizioni ambientali mantenute nell'impianto, possono divenire predominanti ceppi batterici aventi caratteristiche indesiderate, quale un peso specifico molto basso e la marcata propensione allo sviluppo di schiume biologiche sulla superficie dei reattori o dei decantatori finali.

In generale uno dei punti più critici del processo è proprio la fase di separazione dell'acqua trattata dai fanghi nella sedimentazione finale, a causa della ridotta differenza di peso specifico, per cui è frequente il problema della presenza eccessiva di solidi sospesi nell'effluente.

Molte sostanze organiche sintetiche sono scarsamente biodegradabili per cui il rendimento di rimozione di tali composti può essere inadeguato. In questi casi è possibile migliorare il rendimento ricorrendo a valori molto bassi del fattore di carico organico, a ceppi batterici selezionati o a lunghi periodi di condizionamento della flora batterica al fine di selezionare i ceppi più efficaci.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi del trattamento biologico aerobico sono:

Vantaggi	Svantaggi
• consente di ridurre il contenuto di sostanze organiche e di alcuni elementi (azoto e fosforo) • consente di trattare elevati volumi di rifiuti liquidi a costi contenuti • comporta, in genere, minori impatti ambientali rispetto agli altri trattamenti • efficienza energetica relativamente elevata rispetto ai sistemi di trattamento chimico-fisico (l'energia è in gran parte prodotta dal metabolismo microbico) • degradazione di composti pericolosi in sostanze meno pericolose	• produzione elevati quantitativi di fanghi, che necessitano di adeguati trattamenti per un idoneo recupero e/o smaltimento • rimozione limitata di sostanze scarsamente biodegradabili • costi impiantistici • elevata sensibilità ai composti tossici ed inibenti

D.3.2 Trattamenti anaerobici

Nei processi biologici anaerobici, microrganismi di vario genere (batteri, protozoi, funghi, ecc.), anaerobi o facoltativi, degradano molecole organiche complesse in assenza di ossigeno libero trasformandole, attraverso passaggi successivi, in prodotti più semplici (principalmente anidride carbonica e metano). Il processo biologico anaerobico può essere così descritto:

microrganismi
$C_xH_y \rightarrow CH_4 + CO_2$ + biomassa
nutrienti

L'energia necessaria alla vita della biomassa viene ricavata dalle sostanze organiche. Il processo è catalizzato da enzimi e avviene se è mantenuta una idonea popolazione di microrganismi, ben bilanciata in funzione delle particolari condizioni ambientali.
Poiché i microrganismi utilizzano, come accettore di elettroni, l'ossigeno chimicamente legato ad altri elementi (ad esempio nitrati, fosfati o solfati) si ha produzione di composti di riduzione quali ammoniaca, fosfina e idrogeno solforato.
Più in dettaglio, la digestione anaerobica, supponendo di operare in discontinuo, passa attraverso tre fasi:

1) fase idrolitica: batteri anaerobi facoltativi scindono le sostanze organiche complesse (polisaccaridi, proteine, grassi) in sostanze più semplici (rispettivamente carboidrati semplici, aminoacidi, acidi grassi e glicerolo)
2) fase di fermentazione acida: le sostanze organiche formatesi precedentemente vengono in buona parte degradate e trasformate in sostanze a basso peso molecolare, per lo più acidi organici volatili costituiti per quasi l'80% da acido acetico, acido butirrico, acido propionico, nonché ammoniaca, mercaptani, idrogeno solforato, anidride carbonica, idrogeno, ecc.
3) fase di metanogenesi: in questa fase i microrganismi metanogeni utilizzano come substrato i prodotti della fase precedente per produrre metano ed anidride carbonica. La produzione di metano avviene, essenzialmente, attraverso due processi:
    - metanogenesi ad opera di batteri idrogenofili che operano l'ossidazione anaerobica dell'idrogeno

- metanogenesi ad opera di batteri acetoclasti che effettuano la dismutazione anaerobica dell'acido acetico con formazione di metano ed anidride carbonica.

Il processo richiede tempi lunghi, in quanto i microrganismi metanogeni sono inizialmente presenti in numero molto limitato; essi inoltre sono anaerobi obbligati, per cui anche la minima presenza di ossigeno può impedirne lo sviluppo. Infine, la loro velocità di crescita è inferiore a quella dei fornitori di acidi. In certi casi, per un controllo del processo, occorre utilizzare correttori di pH, poiché i microrganismi metanogeni, pur nutrendosi di acidi, sono inibiti da condizioni di pH troppo basso.
In realtà, operando in continuo (come frequentemente avviene), le tre fasi coesistono e per mantenere il delicato equilibrio tra la fase metanigena e quella di produzione degli acidi volatili occorre tenere il processo sotto stretto controllo.
Per velocizzare il processo si ricorre, di solito, al riscaldamento del reattore. Infatti, a seconda della temperatura a cui si opera, si sviluppano differenti ceppi batterici, ognuno dei quali ha poi un ristretto range di temperature ottimali (psicrofili, mesofili, termofili).

Le principali soluzioni tecnologiche adottate sono le seguenti:

- <u>digestori anaerobici convenzionali</u>. E' il sistema più vecchio nel campo dei processi biologici anaerobici. Esistono essenzialmente due tipologie di digestori: quella (ormai in disuso) che non prevede né il riscaldamento né l'agitazione (in questo caso si forma uno strato di surnatante che va asportato ed inviato a successivo trattamento aerobico) e quella (assai più usata) che prevede l'agitazione (con mezzi meccanici o ricircolando il gas stesso prodotto dalla reazione) ed il riscaldamento del fango. Una combinazione di questi due sistemi da luogo al cosiddetto processo a doppio stadio, in cui la funzione principale del secondo stadio è quella di separare i solidi digeriti dal surnatante
- <u>digestori anaerobici a due fasi</u>. Le fasi del processo di digestione (fermentazione acida e metanogenesi) avvengono in due diversi comparti in modo che le sostanze che inibirebbero la formazione della flora metanogena vengano idrolizzate e scomposte nel primo reattore. Solo dopo esser stato degradato a sostanze più semplici e meno tossiche il rifiuto passa al secondo reattore dove avviene la fase metanogenica, che è la più delicata
- <u>digestori anaerobici a biomassa adesa.</u> Le fasi del processo di digestione avvengono in digestori, usualmente riscaldati a 35-37 °C, ove la biomassa anziché svilupparsi in modo sospeso, si riproduce in forma adesa su materiale di riempimento. Questi impianti, caratterizzati da minori volumi e velocità di digestione elevate, sono particolarmente indicati per reflui con pochi materiali in sospensione.

<u>Dati operativi</u>

Si elencano alcuni dei principali parametri che condizionano il funzionamento dei digestori anaerobici:

- pH. Come già indicato i batteri metanogeni sono inibiti dall'acidità, per cui può essere necessario, specialmente in fase di avviamento, intervenire aggiungendo calce o altri composti basici.
- Temperatura [°C]. In funzione della temperatura si selezionano diversi ceppi batterici e si ottengono diverse velocità di reazione:
  - gli impianti a basso carico sono senza riscaldamento, per cui il dimensionamento deve tenere conto di temperature minime di 8 – 10 °C
  - gli impianti a medio ed alto carico sono riscaldati a temperature comprese tra 30 e 38 °C (zona mesofila). Si può, in tal modo, ottenere una riduzione di circa il 50 % del tenore di sostanze organiche volatili in un tempo di circa 20 giorni

- per gli impianti riscaldati a circa 60 °C (zona detta termofila) possono bastare età del fango di circa 8 – 10 giorni.

Nel caso di trattamento di reflui scarsamente biodegradabili possono sorgere problemi indotti dai lunghi tempi di acclimatazione della biomassa (in certi casi addirittura di alcuni mesi) e dall'impossibilità di effettuare prove significative in laboratorio a causa della complessità delle reazioni che intervengono e della non omogeneità del rifiuto.

I reflui del processo sono maleodoranti per l'abbondante presenza di composti a basso stato di ossidazione come ammoniaca, idrogeno solforato, fosfina, ecc.

Alcuni di tali prodotti, in particolare l'idrogeno solforato, danno origine a fenomeni di corrosione di cui occorre tenere conto in fase di progettazione e realizzazione degli impianti, impiegando materiali idonei e proteggendo opportunamente i quadri elettrici.

La produzione di biogas con una elevata percentuale di metano può rappresentare un notevole vantaggio dal punto di vista energetico me richiede l'adozione di appropriate misure di sicurezza al fine di prevenire la formazione di miscele esplosive.

I tipici parametri operativi e le efficienze di rimozione connesse all'applicazione dei processi anaerobici ai reflui concentranti sono:

Tipo di processo	COD influente (mg/l)	Tempo di ritenzione (ore)	Carico organico (kgCOD/m^{3}giorno)		Rimozione COD (%)
			T= 15-25 °C	T= 30-35 °C	
Processo per contatto	1.500-5.000	2-10	0,5-2	2-6	75-90
UASB	5.000-15.000	4-12	1-3	3-10	75-85
Letto fisso	10.000-20.000	24-48	1-3	3-10	75-85
Letto espanso	5.000-10.000	5-10	1-4	4-10	80-85

Fonte: "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" – ANPA/Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ANPA 1/2001

Campo di applicazione

I processi anaerobici sono applicabili a molte tipologie di rifiuti liquidi e reflui industriali contenenti anche composti aromatici, ftalati, esteri, acidi organici, alcali, composti alogenati ed altre molecole complesse. Il rifiuto può essere in forma liquida o semi-solida.

Molto frequente è l'impiego dei processi anaerobici come trattamento preliminare alla depurazione biologica aerobica e per la stabilizzazione dei fanghi prodotti dai processi di depurazione. Il trattamento anaerobico offre il vantaggio di produrre limitati quantitativi di fanghi (circa il 10% in rapporto ai processi aerobici). La degradazione anaerobica porta alla produzione di una miscela gassosa di metano e anidride carbonica in un rapporto pari a circa 1:3, normalmente utilizzata come combustibile per la produzione di energia. Rispetto ai processi aerobici i consumi di energia risultano molto più ridotti, non essendo richiesto il rifornimento di ossigeno nel reattore. In generale, inoltre, i trattamenti anaerobici contribuiscono alla riduzione delle emissioni di CO_2. Va rilevato, tuttavia, che la produzione di gas combustibile (CH_4) e di metaboliti quali, ad esempio, acidi grassi volatili, rende necessario l'utilizzo di apparecchiature chiuse in grado prevenire emissioni osmogene nell'ambiente. Ciò implica, evidentemente, l'utilizzo di appositi sistemi di abbattimento delle emissioni.

Vantaggi e svantaggi

Vantaggi	Svantaggi
• bassi consumi di energia, rispetto ai processi aerobici, dovuti all'assenza di sistemi di aerazione • produzione di biogas ad elevato contenuto di	• elevata sensibilità ai composti tossici ed inibenti • possibile formazione di gas tossici, infiammabili ed osmogeni

Vantaggi	Svantaggi
metano, con possibilità di recupero energetico • minori rendimenti di crescita e, pertanto, minori volumi di fango rispetto al trattamento aerobico • i metalli pesanti, in presenza di solfato o composti organici solforati, vengono precipitati come solfuri • minore formazione di aerosol rispetto ai processi aerobici	• processo di avviamento molto lento • richiede ulteriori trattamenti al fine di pervenire ad una sufficiente rimozione del carico organico entrante (il trattamento anaerobico porta a riduzioni del COD <85%) • possibili fenomeni di corrosione da parte di alcuni prodotti del processo (ad esempio, H_2S)

D.4 Stoccaggio rifiuti liquidi, linea fanghi e depurazione gas esausti

D.4.1 Stoccaggio rifiuti liquidi

Ogni piattaforma di trattamento di rifiuti liquidi deve disporre di un adeguato numero di serbatoi di stoccaggio ove il rifiuto è depositato finchè non ne viene accertata l'effettiva trattabilità; in alternativa può essere prevista un'area in cui depositare le autocisterne.
Da un punto di vista gestionale lo stoccaggio consente, inoltre, di effettuare l'equalizzazione dei flussi in ingresso, al fine di alimentare le linee di trattamento con liquidi aventi caratteristiche quali-quantitative ottimali; il numero dei serbatoi dovrebbe, pertanto, essere almeno pari alle linee di trattamento o alle tipologie di reflui trattati ed i serbatoi stessi dovrebbero essere dimensionati in funzione delle portate delle diverse linee.

D.4.2 Linea fanghi

La linea fanghi degli impianti di trattamento rifiuti liquidi è generalmente costituita da un comparto di disidratazione, preceduto da una o più vasche di accumulo, con funzione di stoccaggio provvisorio e omogeneizzazione dei fanghi provenienti dalla linea acque. Possono, inoltre, essere previste ulteriori fasi di trattamento quali: digestione aerobica o anaerobica, condizionamento fisico, ispessimento, essiccamento termico, combustione, ecc. (si veda, per maggiori dettagli, il capitolo F, paragrafo F.7).
La variabilità delle caratteristiche dei fanghi in ingresso può rendere necessaria una verifica delle modalità di condizionamento chimico utilizzate (andando in particolare a variare la quantità o il tipo di reattivo dosato). Un carico organico variabile nella linea acque comporta, inoltre, una differente portata di fanghi da trattare, con potenziali problemi nella gestione della fase di disidratazione.
Va, infine, rilevato che durante la fase di accumulo dei fanghi, eccessivi tempi di residenza possono comportare la formazione di processi anaerobici, con conseguente produzione ed emissione di sostanze tossiche e maleodoranti.

D.4.3 Linea depurazione gas esausti

Le diverse fasi di trattamento dei rifiuti liquidi comportano, in genere, l'emissione di gas tossici e/o maleodoranti, che devono essere, pertanto, collettati e trattati in un apposita linea di depurazione fumi.
Le principali fonti di emissioni gassose sono:
- i serbatoi di stoccaggio e le vasche di accumulo/omogeneizzazione

- i pretrattamenti meccanici, nei quali il rilascio in atmosfera di gas esausti può avvenire sia per effetto di turbolenze (ad es. nelle fasi di sollevamento e grigliatura), che per fenomeni di strippaggio (ad es. nelle fasi di dissabbiatura e disoleatura)
- i trattamenti chimico-fisici, soprattutto durante la conduzione di processi quali neutralizzazione, precipitazione e strippaggio con aria
- la linea fanghi, che può dar luogo principalmente ad emissioni maleodoranti.

Per il trattamento biologico a fanghi attivi, la produzione di odori risulta molto limitata ed essenzialmente dovuta a fenomeni di strippaggio e di aerosolizzazione delle sostanze odorose. Nel caso di aerazione insufficiente o di sovraccarico organico, si può avere la formazione, principalmente nei reattori del tipo “plug-flow”, di sacche o depositi anaerobici con successivo sviluppo di odori. Nella fase di sedimentazione secondaria, si possono avere odori sgradevoli solo se il tempo di ritenzione del fango è eccessivamente lungo o nel caso di fenomeni di risalita e accumulo del fango in superficie.
Gli interventi adottati per il controllo delle emissioni gassose sono sia di natura gestionale che strutturale. I primi, tesi a prevenire o quanto meno limitare la formazione delle emissioni, consistono nel:

- rimuovere con frequenza i residui dei pretrattamenti e dei trattamenti e stoccare gli stessi in contenitori a tenuta;
- minimizzare le emissioni gassose durante i trattamenti, riducendo, dove e nei limiti del possibile, le turbolenze del flusso idrico, i fenomeni di stripping, ed evitando l’origine di reazioni che diano luogo gas tossici;
- prevenire l’instaurarsi di condizioni anaerobiche nelle vasche di sedimentazione e nei comparti della linea fanghi.

Gli interventi strutturali consistono nel confinamento in ambienti chiusi delle principali fonti di emissione e nell’estrazione e successivo trattamento dell’aria esausta.
Gli impianti di ventilazione devono essere dimensionati con numero di ricambi orari che bilancino l’esigenza di ridurre i volumi da trattare, per minimizzare i costi d’impianto e trattamento, con la necessità di instaurare nei locali un ambiente che consenta il regolare svolgimento dell’attività lavorativa.
La depurazione degli effluenti gassosi può essere conseguita mediante trattamenti chimico-fisici (assorbimento ovvero adsorbimento) e/o biologici (biofiltri).
Durante il processo di assorbimento le sostanze gassose vengono trasferite in fase liquida in modo da ottimizzare il contatto gas liquido. La scelta del liquido di lavaggio e della configurazione delle apparecchiature è legata alle caratteristiche di solubilità dell’inquinante. Possono essere utilizzate soluzioni basiche (contenenti $NaOH$, Na_2CO_3), basiche ossidanti (contenenti $NaClO$, $KMnO_4$), ossidanti (O_3, H_2O_2) o acide (H_2SO_4, HCl).
Le installazioni più frequenti sono le torri di riempimento, le colonne a piatti e le camere a spruzzo.
Nell’adsorbimento le configurazioni impiantistiche più diffuse prevedono l’impiego di letti fissi di carbone attivo in colonne filtranti o in pannelli multistrato.
Nei biofitri l’aria da trattare attraversa un letto filtrante costituito da diversi materiali (terreno, compost, torba, erica, ecc.) in strati singoli o multipli. La capacità di depurazione del biofiltro dipende in larga misura dallo sviluppo spontaneo di una popolazione microbica eterogenea (batteri, muffe e lieviti) che colonizza il materiale filtrante sviluppandosi soprattutto nell’acqua di umidificazione del biofiltro e costituendo un vero e proprio biofilm. Tra i diversi materiali di riempimento i rendimenti maggiori si ottengono con filtri a compost, a torba ed erica o combinati.
Particolare attenzione deve essere rivolta al controllo dell’umidità del supporto, al controllo del pH e alla protezione dei manufatti contro la corrosione. L’umidità del supporto è il parametro che più di ogni altro condiziona l’andamento del filtro.

E) INDIVIDUAZIONE DELLE BAT, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO, OVE DISPONIBILI, ALLE CONCLUSIONI DEI BREF COMUNITARI

E.1 Concetto generale delle migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

Nel presente capitolo viene riportata una rielaborazione dei documenti predisposti in ambito comunitario per l'individuazione delle BAT. In particolare, nel paragrafo E.5 è presentata una elaborazione sviluppata facendo riferimento principalmente a due documenti europei: il "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" ed il "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector". Il primo documento riporta una serie di informazioni in merito alle principali operazioni da condurre nei siti di trattamento dei rifiuti ed alle misure da adottare per una corretta gestione degli stessi, mentre il secondo fornisce una descrizione dettagliata delle migliori tecniche di depurazione dei reflui (nel caso specifico di quelli provenienti dall'industria chimica); queste ultime corrispondono, come precedentemente accennato, a quelle comunemente adottate nel trattamento dei rifiuti liquidi e possono, pertanto, essere ritenute valide ai fini della definizione delle migliori tecniche di trattamento degli stessi.
La maggior parte delle operazioni di trattamento individuate dai documenti comunitari (trattamenti chimico-fisici di composti non biodegradabili solubili ed insolubili e trattamenti biologici) sono già state ampiamente descritte nel precedente capitolo D, a cui, pertanto, si rimanda per eventuali approfondimenti ed integrazioni.

E.2 Aspetti tecnici e tecnologici dello specifico settore

Analogamente a quanto previsto per le acque reflue, anche per i rifiuti liquidi è, in genere, necessario ricorrere, al fine di pervenire alla rimozione e/o al recupero delle diverse sostanze contaminanti, alla combinazione di più operazioni di trattamento.
Alcuni impianti sono pertanto concepiti come veri e propri centri polifunzionali in grado di effettuare diverse operazioni di trattamento su più tipologie di rifiuti.
Una schematizzazione delle possibili interrelazioni esistenti tra le diverse operazioni unitarie, già dettagliatamente descritte nel precedente capitolo D, è riportata in figura E.1; per un approfondimento delle tecniche di trattamento dei fanghi e delle emissioni si rimanda, invece, al capitolo F.

Figura E.1 – Operazioni di trattamento dei rifiuti liquidi

RIFIUTO LIQUIDO

Solidi Sospesi e Componenti Non Solubili
Sedimentazione / Flocculazione
Flottazione
Filtrazione
Microfiltrazione ed Ultrafiltrazione
Separazione emulsioni oleose

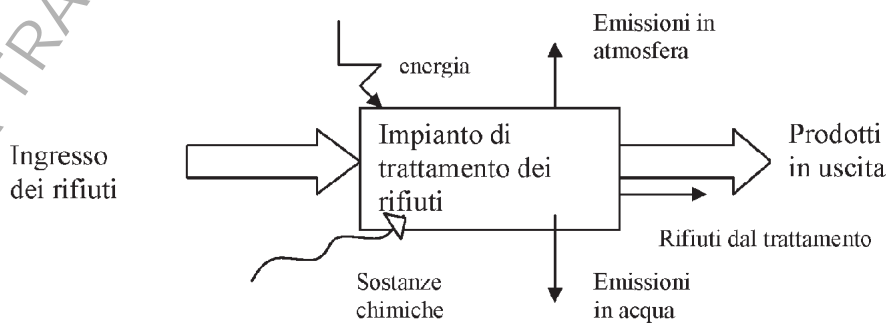
Trattamento fanghi
Ispessimento
Disidratazione
Stabilizzazione
Condizionamento

Composti Solubili Inorganici/Non Biodegradabili o Scarsamente Biodegradabili
Osmosi Inversa / Nanofiltrazione
Adsorbimento
Scambio Ionico
Precipitazione
Ossidazione Chimica
Ossidazione ad Umido
Riduzione Chimica
Strippaggio
Distillazione / Rettifica
Estrazione con solvente

Composti solubili biodegradabili
Trattamento aerobico
Trattamento anaerobico
Rimozione biologica di zolfo e dei metalli pesanti

OUTPUT

E.3 Aspetti ambientali

Da un punto di vista ambientale qualsiasi processo di trattamento dei rifiuti, anche finalizzato al recupero energetico, deve essere sempre considerato in base allo schema seguente, in cui si mettono in evidenza ingressi e uscite di materiali ed energia e le emissioni determinate dall'attività svolta:

Al fine di analizzare gli impatti generati dal trattamento chimico-fisico dei rifiuti liquidi è opportuno prendere in esame:

- i consumi di energia e di materiali
- la produzione di rifiuti connessa all'attività di trattamento ed, in particolare, di quelli pericolosi, che richiedono particolari accorgimenti
- le emissioni in atmosfera (gas, emissioni osmogene, ecc.)
- il consumo di acqua e gli scarichi liquidi
- le emissioni di rumori
- movimentazione dei mezzi

E.3.1 Trattamenti chimico-fisici

Di seguito, nella tabella E.1, si riportano i dati relativi ai consumi di energia e di agenti chimici in impianti di trattamento chimico-fisico, tratti dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" Questi dati, relativi all'anno 2001, si riferiscono ad un pool di impianti di trattamento chimico-fisico con capacità complessiva di 850 kt/a. L'età media degli impianti è di circa 17 anni (il range è compreso tra i 4 ed i 39 anni). Viene, inoltre, riportata una breve descrizione, tratta dallo stesso documento comunitario, dei consumi connessi ad alcune specifiche operazioni unitarie (precipitazione, ossidazione, adsorbimento e scambio ionico). I principali consumi connessi ai trattamenti chimico-fisici e biologici sono, invece, riportati nel successivo paragrafo E.5, tabelle E.6-E.11.

Tabella E.1: consumi dei trattamenti chimico fisici delle acque reflue

PARAMETRO	CONSUMO ANNUO* (t/a)	CONSUMO SPECIFICO* (kg/t rifiuto trattato)	CONSUMO ANNUO NEI PROCESSI INORGANICI (t/a)	CONSUMO ANNUO NEI PROCESSI ORGANICI (t/a)	CONSUMO ANNUO IMPIANTI TRATTAMENTO ACQUE REFLUE (t/a)	CONSUMO ANNUO IMPIANTI TRATTAMENTO SOLVENTI (t/a)	CONSUMO ANNUO IMPIANTI TRATTAMENTO RIFIUTI DI LABORATORIO(t/a)
Capacità media di trattamento	45.000		20.000	66.000	30.000	Solventi: 15.000 Lacche: 15.000	1.000
Consumo medio di acidi	230 [a]	5,1	HCl: 69 H_2SO_4: 48	HCl: 8 H_3PO_4: 8	HCl: 39,4		0,5
Calce	590 [a]	13,1	1.023		50		10
Agenti flocculanti	290	6,4		8	16		
Altri composti organici [b]		0,4 ÷3,0					
Na_2SO_3			10,2		2		
Consumo idrico			759	9.900	1.788	2.700	
Consumo energetico				275 kW	369 MWh	Olio combustibile:1.139 m^3 Elettricità: 189 MWh	
Produzione reflui			11.573	48.348	12.687		250
H_2O_2			6,2				0,1
NaOCl			4,9				
Soluzioni di cloruro di ferro				118			
Ossidi di ferro					65,8		
NaOH				110			1
Carboni attivi				6			
$KMnO_4$					0,4		
Additivi disaggreganti					25		

Note: Dati provenienti da impianti chimico fisici con capacità complessiva di 850 kt/a, relativi all'anno 2001. L'età media degli impianti è circa 17 anni (range 4 ÷ 39)
[a] : Questi valori non comprendono i rifiuti acidi ed alcalini ricevuti e sfruttati nei processi di trattamento
[b] : Agenti detossificanti, disemulsionanti, precipitanti

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Precipitazione/Flocculazione

I principali reagenti chimici utilizzati per le reazioni di precipitazione e flocculazione sono:

- soda caustica
- carbonato di sodio
- calce
- cloruro di ferro (II/III)
- solfato di alluminio
- solfuri

Per facilitare la formazione dei fiocchi ed incrementare le caratteristiche di sedimentabilità sono, inoltre, utilizzati appositi agenti flocculanti consistenti principalmente in polimeri non ionici, anionici o cationici ed in copolimeri di composti ionici e non ionici. Nella sottostante tabella vengono riportati i consumi teorici per diversi composti alcalini nella precipitazione di metalli pesanti. Va rilevato che tali dati si riferiscono a soluzioni pure e, nella realtà, le quantità richieste potrebbero risultare del 10-20% superiori.

Consumo teorico di composti alcalini (in grammi) per la precipitazione di 100 grammi di metallo:

Composto alcalino utilizzato per la precipitazione	Metallo da precipitare					
	Fe(II)	Fe(III)	Cu	Ni	Cr	Zn
CaO	100	150	88	96	162	86
$Ca(OH)_2$	134	201	116	126	213	114
NaOH	144	216	126	136	231	122
Na_2CO_3	190	285	168	181	307	162
MgO	73	110	63	69	117	62
$Mg(OH)_2$	105	158	92	100	169	90

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Per quanto riguarda i fanghi derivanti dai processi di precipitazione sono, in genere, richiesti processi preliminari di disidratazione in funzione dei quali devono essere selezionati adeguati agenti precipitanti/flocculanti (il fango derivante da materiali contenenti alluminio, ad esempio, mostra cattive caratteristiche di disidratazione). Per maggiori dettagli sul processo di precipitazione si rimanda al precedente capitolo D.

Ossidazione/riduzione

Le reazioni di ossidazione prevedono l'utilizzo di opportuni reagenti, con conseguenti consumi degli stessi (o con consumi energetici legati alla loro produzione). I principali agenti ossidanti sono:

- Cl_2
- ipoclorito di calcio o cloro
- biossido di cloro
- ozono (consumi legati alla produzione in situ)
- perossido di idrogeno
- reattivo di Fenton

Vengono di seguito riportati i reagenti utilizzati e le condizioni di pH adottate nei processi di ossidazione e riduzione di alcuni specifici composti.

Reazione	**Agente ossidante o riducente**	**pH**	**Note**
Ossidazione di cianuri e nitriti	$NaOCl$ o Cl_2	• Per CN ≈ 10 • Per NO_2 ≈ 3	• Reazione relativamente veloce • Contenuto relativamente elevato di sali nel refluo derivante dal processo • Formazione di composti organici (AOX)
	H_2O_2	• Per CN ≈ 10, catalizzatore: sali di Fe (II) • Per NO_2 ≈ 4	Reazione relativamente lenta; trascurabile salinizzazione del refluo derivante dal processo; nessuna formazione di composti quali AOX, fanghi legata alla presenza del catalizzatore; formazione di schiume (in particolare in presenza di composti organici)
Ossidazione di nitriti	NH_2SO_3H	≈ 4	Reazione lenta; formazione di solfati e di N_2
Riduzione di cromati	$NaHSO_3$	≈ 2	Reazione veloce; formazione di sali e di fanghi
	SO_2	≈ 2	Reazione veloce; leggera formazione di sali e di fango
	$Na_2S_2O_4$	Indipendente dal pH	Reazione veloce; formazione di sali e di fanghi
	$FeSO_4$ o $FeCl_2$	≈ 3	Reazione lenta; formazione di sali e di fanghi

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

<u>Adsorbimento/absorbimento</u>
I processi di adsorbimento richiedono periodiche operazioni di rigenerazione del materiale adsorbente esausto, con l'eccezione del carbone attivo in polvere che viene, invece, avviato a smaltimento, insieme ai fanghi, e che deve essere, pertanto, sostituito. Per ogni materiale è adottata una specifica metodologia di rigenerazione che comporta, in ogni caso, l'utilizzo e, conseguentemente, il consumo di agenti chimici e di energia.

<u>Scambio ionico</u>
L'utilizzo degli scambiatori comporta consumi energetici e di reattivi (rigeneranti). I rigeneranti comunemente utilizzati sono:

Scambiatore	**Stabilità**		**Rigenerante**
	pH	**°C**	**g/l resina**
Scambiatore cationico (acido debole); forma ionica: H^-, PF^+	1-14	75-120	HCl: 70-140 oppure H_2SO_4
Scambiatore cationico (acido forte); forma ionica: H^-	1-14	≈120	HCl: ≈80
Scambiatore anionico (base debole); forma ionica: OH^-,Cl^-	1-14	70-100	NaOH: ≈60
Scambiatore anionico (base forte); forma ionica: OH^-,Cl	1-14	35-70	NaOH: ≈80

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E.4 Aspetti ambientali: emissioni

Gli impianti di trattamento dei rifiuti liquidi producono emissioni di diversa natura, alcune connesse alle fasi di ricezione, trasferimento, stoccaggio, ecc., altre alla vera e propria fase di trattamento del rifiuto. Un elenco delle principali emissioni e delle relative fonti, tratto dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", viene riportato nella sottostante tabella.

Emissioni / Fonti	Particolato	NO_x, SO_x, HCl	NH_3, ammine	H_2S	HCN	COV	Odori	Altre Sostanze Organiche	Metalli	Solidi Sospesi	COD
Attività comuni											
Ricezione (campionamento/ingresso impianto)	A,AQ, T	A	A			A	A				
Trasferimento (tubature, pompe, valvole)		A	A	A	A	A	A	AQ,T	AQ,T	AQ	AQ
Stoccaggio di solidi (es. calce)	A,AQ, T										
Stoccaggio fusti, cisterne e serbatoi di trattamento		A	A			A	A	A	AQ	AQ	AQ
Caricamento e mescolamento dei reattori	A,AQ, T					A	A	A	A,AQ, T	AQ	AQ
Rimozione dei residui solidi dai reattori	A,AQ, T					A	A	A	A,AQ, T		
Trattamenti biologici			A	A		A	A		AQ	AQ	AQ
Trattamenti chimico-fisici											
Precipitazione	AQ						A	AQ	AQ	AQ	AQ
Neutralizzazione Acidi		A	A	A		A	A	A,AQ	AQ		AQ
Neutralizzazione Basi			A				A	AQ	AQ		AQ
Neutralizzazione Acidi Cromici									AQ		
Trattamento Cianuri					A		A				
Stabilizzazione	A,AQ, T		A			A	A			AQ	AQ
Trattamento Oli						A	A	A			AQ
Legenda: A: in Aria, AQ: in Acqua, T: in Terra											

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Particolare rilevanza, con riferimento alle emissioni in atmosfera, assumono i rifiuti caratterizzati da un elevato contenuto di composti organici volatili (COV) e di composti inorganici volatili, quali, ad esempio, ammoniaca, idrogeno solforato, acido cloridrico. Quando i rifiuti liquidi vengono

direttamente a contatto con l'atmosfera l'inquinante può trasferirsi dall'acqua all'aria; è pertanto evidente come, in tali circostanze, si renda necessaria l'applicazione di opportuni trattamenti delle emissioni gassose. Altri fattori rilevanti, connessi al trattamento dei rifiuti liquidi, sono i consumi energetici e la produzione di fanghi. In particolare la gestione di questi ultimi (disidratazione, incenerimento, ecc.) è responsabile di gran parte dei consumi di energia da parte dell'impianto e determina significativi impatti ambientali. D'altro canto esistono sistemi di trattamento caratterizzati da bilanci energetici positivi: tra questi si cita, ad esempio, la digestione anaerobica che produce biogas utilizzabile come combustibile, purché esso sia opportunamente captato e convogliato (in caso contrario l'emissione di biogas rappresenta un evidente impatto ambientale che si assomma agli altri impatti derivanti dall'impianto).
In generale per una verifica della validità di un processo di trattamento deve essere effettuato un bilancio tra effetti positivi ed impatti negativi sull'ambiente derivanti dal processo stesso. Infatti, l'introduzione di sistemi di trattamento è a sua volta causa di impatti ambientali: il processo di ossidazione dei gas provenienti dai rifiuti, ad esempio, porta alla produzione di gas contenenti nuovi contaminanti, non presenti nella corrente entrante, la cui rimozione può richiedere ulteriori trattamenti. I principali impatti ambientali derivanti dalle diverse operazioni di trattamento di tipo chimico-fisico e biologico vengono descritti nei successivi paragrafi.

E.4.1 Trattamenti chimico-fisici

Emissioni in aria
Diversi composti organici possono passare attraverso tutto il processo di trattamento senza subire rimozioni e terminare, pertanto, nel fango o nell'effluente, mentre altri composti possono evaporare per effetto di reazioni esotermiche o in seguito ad operazioni di pressatura (ad esempio nel trattamento dei fanghi); alcuni rifiuti di natura organica possono, inoltre, contenere specie "nascoste". Gli oli lubrificanti, ad esempio, contengono naftalene, benzene, toluene, etilbenzene, xilene, fenoli, rame, azoto e, durante l'operazione di separazione dell'olio dall'acqua, possono rilasciare composti azotati e xilene in atmosfera e contaminanti di varia natura nell'effluente del processo.
Un aumento delle emissioni in atmosfera può dipendere, in generale, da rapidi cambiamenti di pH, da una repentina crescita della temperatura e da un'agitazione eccessivamente energica.
Alcuni dati relativi alle emissioni in aria derivanti da impianti di trattamento chimico-fisico, tratti dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" vengono di seguito riportati.

Emissioni in aria	Valori medi annuali (mg/Nm^3)	Flusso di massa (g/h)
Flusso di aria in uscita	325 Nm^3/t	
TOC*	2,84-36	500 (534 kg/anno)
BTX	4,9	
Benzene		2,5
HCN	0,05-0,12	0,043 – 15
H_2S	0,31	15
Cl_2	<0,03	15
SO_2	1,17	0,5
HCl	0,3	0,2
Hg	0,01	0,0034
Note: Dati provenienti da impianti chimico fisici con capacità complessiva di 850 kt/a, relativi all'anno 2001. L'età media degli impianti è circa 17 anni (range 4 ÷ 39) * Valori corrispondenti a mg di carbone		

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Emissioni in acqua

Nei flussi in uscita dagli impianti di trattamento dei rifiuti liquidi sono, in genere, presenti numerose classi di sostanze che possiedono un certo potenziale di impatto sugli ecosistemi e sui corpi idrici recettori e la cui concentrazione deve, ovviamente, risultare conforme ai limiti previsti dalla normativa vigente.

Di seguito vengono riportati i valori relativi ad alcuni parametri rilevati negli effluenti degli impianti di trattamento chimico-fisico di reflui contaminati. Tali dati sono tratti dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries".

Emissioni in acqua	Intervallo dei valori medi annuali negli effluenti (mg/l)	Carico entrante (kg/anno)
pH	6,9-10,4	
Conduttività elettrica	1.150-13.500 µS/cm	
Trasparenza	10-47 cm	
Solidi sospesi	<0,5-32 <0,1-2,1 ml/l	<0,6
TOC	2.200 – 3.800	38.061
BOD	5 – 2.490	
COD	200 – 17.870	
Idrocarburi	<0,1-19,8	89
Detergenti anionici	0,6-14,8	
Oli minerali	5-10	
Indice fenolo	0,8-25	317
AOX	<0,01-0,7	9
EOX	<0,1-0,5	
BTX	<0,1-1,2	10
Cl	3.975-35.420	
Cl libero	<0,1-0,3	
CN	<0,1-0,6	<1
CN libero	<0,01-0,1	
F	0,5-8,6	
Azoto totale	8,4 – 590	
Azoto organico	109-440	
Azoto ammoniacale	22-1.330	
Azoto nitrico	0,90 – 472	38
Azoto nitroso	0,9-10,2	
Solfati	65-3.630	
Solfuri liberi	0,1 – 0,77	<1
Solfuri	1.012	
Fosforo totale	<0,1– 14,75	
Al	<0,1-5	63
As	<0,01-0,1	<0,1
Cr totale	0,05 – 0,3	3,8
Cr (VI)	<0,01-0,1	<1
Cu	<0,1-0,4	2,5
Fe	0,2-20	253
Hg	<0,0001 – 0,02	<0,02
Mn	<0,1-2,7	
Ni	0,05 – 1,4	3,8
Pb	<0,02 – 0,7	<1
Se	<0,1-0,5	

Emissioni in acqua	Intervallo dei valori medi annuali negli effluenti (mg/l)	Carico entrante (kg/anno)
Sn	<0,1-0,4	
Zn	<0,1-3,9	12
Note: dati provenienti da impianti di trattamento chimico fisico con capacità complessiva di 850 kt/a, relativi all'anno 2001. L'età media degli impianti è circa 17 anni (range 4 ÷ 39)		

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Alcuni settori industriali producono reflui caratterizzati dalla presenza di particolari classi di composti inquinanti, che richiedono specifiche soluzioni di trattamento. Di seguito si riportano, a titolo di esempio, alcuni dati relativi alle emissioni da impianti di trattamento chimico-fisico di solventi e vernici, contenuti nel "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries":

Materiale	Quantità prodotta (t/anno)	Composizione (mg/kg)	
Materiale secco	1.000	PCB	< 0,05
		BTEX	104,8
		As	<1
		Cd	6,7
		Cr totale	77
		Cu	905
		Hg	0,25
		Ni	43
		Pb	339
		Tl	<0,5
		Cianuri totali	6.200
Acque derivanti da processi organici	2.000	Cd	<0,5
		Hg	<0,5
		Zn	1,7
Recupero solvente	13.000		

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Emissioni al suolo

I rifiuti solidi derivano, principalmente, dalle operazioni di precipitazione/flocculazione, filtrazione con membrana, evaporazione e scambio ionico nonché dalla pulizia delle apparecchiature e dei serbatoi. La possibilità di utilizzo di tali rifiuti dipende, ovviamente, dalle caratteristiche specifiche degli stessi; gli oli, ad esempio, vengono quasi sempre riciclati, mentre i concentrati (da precipitazione, filtrazione, ecc.) lo sono soltanto in alcuni casi.

I fanghi rappresentano la principale tipologia di rifiuto solido derivante dagli impianti di trattamento chimico-fisico; essi possono essere sottoposti a pressatura ed inviati ad ulteriori trattamenti, pressati e miscelati in situ con altri fanghi, generalmente di natura organica, oppure possono essere miscelati con i residui derivanti dalle operazioni di trattamento dei gas esausti al fine di produrre un rifiuto solido. In base alle loro caratteristiche chimico-fisiche i fanghi vengono, in genere, inceneriti o avviati a smaltimento in discarica. Di seguito si riportano alcuni dati, tratti dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", relativi ai rifiuti tipicamente prodotti da impianti di trattamento chimico-fisico:

Rifiuto prodotto	Quantità (kg/t di rifiuto trattato)
Oli	30 – 90
Concentrato [a]	14 – 40
Fanghi	60 – 90

Note: Dati provenienti da impianti di trattamento chimico fisico con capacità complessiva di 850 kt/a, relativi all'anno 2001. L'età media degli impianti è pari a circa 17 anni (range 4 ÷ 39)
[a] : proveniente da operazioni di evaporazione, strippaggio, filtrazione con membrana ed ultrafiltrazione

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Emissioni derivanti dalle diverse operazioni unitarie e da specifici trattamenti di tipo chimico-fisico

Nella tabella sottostante vengono riportate le principali emissioni derivanti dalle diverse tipologie di trattamento. Tali dati sono tratti dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries". Il livello dell'emissione dipende, ovviamente, dai quantitativi di rifiuto liquido trattati e dai sistemi di abbattimento adottati.

Operazione unitaria	Emissione		
	Aria	**Acqua**	**Suolo**
Aggiunta di carbonato di sodio o di acido solforico per la formazione di solfato di nichel o di cromo	Emissioni di CO_2 e di altri gas acidi (ad es. SO_x) a seconda della tipologia di soluzione iniziale.	La frazione liquida viene riciclata nel trattamento; essa rappresenta una frazione molto piccola rispetto al flusso di rifiuto entrante	Il precipitato viene lasciato raffreddare e cristallizzare prima di essere opportunamente imballato e trasportato ai fini di un suo eventuale riciclaggio che deve, in ogni caso, avvenire nel rispetto dei limiti, delle condizioni e delle procedure operative previste dalla normativa vigente
Ossidazione dei cianuri	-	HOCl	-
Strippaggio con aria	Ammoniaca e COV, inclusi solventi organici (ad esempio, cloruro di metilene, DCM)	-	-
Flottazione per dissoluzione d'aria (DAF)	-	-	I quantitativi di fanghi sono generalmente superiori al 4% calcolato sulla sostanza secca
Evaporazione	Condotta, generalmente, in sistemi completamente chiusi, ma emissioni gassose possono derivare dalle valvole di sfiato.	-	-
Filtrazione/pressatura	NH_3 e, per reflui ad alto carico organico, COV	-	-
Scambio ionico	-	L'eluato prodotto richiede, in genere, successivi trattamenti	-
Serbatoi di miscelazione	Le emissioni possono derivare, in parte, da	-	-

Operazione unitaria	**Emissione**		
	Aria	**Acqua**	**Suolo**
	reazioni chimiche ed, in parte, in seguito a fenomeni di riscaldamento (riduzione della solubilità dei gas in acqua). Uno dei maggiori problemi legato alla gestione di questa fase del processo è rappresentato dalle emissioni di NH_3		
Neutralizzazione	Si possono verificare violente reazioni esotermiche con rapidi cambiamenti di pH. Possibili emissioni di CO_2, HCl, Cl_2, NO_x e SO_x, e di NH_3 nonché di altri composti volatili (ad es., solventi). I gas possono, inoltre, trascinare materiale particolato	Emissioni di: cloro, fosforo, composti azotati, metalli, ecc.	Emissioni di: cloro, fosforo, composti azotati, metalli, ecc.
Separazione delle emulsioni oleose	-	-	La separazione mediante utilizzo di agenti di natura organica comporta, in genere, la formazione di minori quantità di fango rispetto al trattamento con acidi.
Ossidazione/riduzione	-	Possibile salinizzazione del refluo	-
Sedimentazione	Possibili, anche se improbabili, emissioni in atmosfera	-	I fanghi sedimentati hanno, in genere, un contenuto di sostanza secca pari allo 0,5-1%. Essi, dopo essere stati rimossi, devono essere opportunamente gestiti nel rispetto dei limiti, delle condizioni e delle procedure operative individuate dalla normativa vigente
Trattamento dei fanghi (ad es., pressatura, stoccaggio)	Emissioni di COV e di diversi gas	-	-
Estrazione con solvente	Possibile emissione di solventi	Emissioni di solventi	

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E.4.2 Trattamenti biologici

Gli effluenti liquidi dei trattamenti contengono diverse sostanze organiche (il cui contenuto viene, in genere, misurato come TOC e COD) nonché azoto, fosforo e cloro mentre le principali emissioni in atmosfera sono, in genere, rappresentate da CH_4, CO_2 e N_2O.
Vengono di seguito riportate le principali emissioni derivanti dalle diverse sezioni di un tipico impianto di trattamento di acque reflue, individuate dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries".

sezione dell'impianto	emissioni
Ricezione	Per un corretto svolgimento del processo biologico di depurazione del refluo è indispensabile che il flusso e la composizione del substrato in ingresso siano relativamente costanti; a tal fine un ruolo fondamentale è svolto dai serbatoi di ricezione e dalle vasche di equalizzazione. Essi vengono, generalmente, riempiti mediante carribotte o sono direttamente collegati ad un sistema di collettamento. Si possono verificare emissioni in atmosfera (in seguito a fenomeni di strippaggio) prevalentemente nella fase di trasferimento o in quella di miscelazione (condotta mediante l'utilizzo di sistemi di aerazione della massa liquida).
Trattamento primario	La fase iniziale del trattamento prevede, in genere, la rimozione dei solidi mediante una selezione più o meno spinta (ad esempio, grigliatura), una sedimentazione primaria o un'operazione di flottazione (DAF). Questa fase del processo, unitamente a quella di trasferimento del refluo, rappresenta potenzialmente la fonte principale di emissioni. Alcuni composti tendono a precipitare e a concentrarsi nei solidi che vengono separati e stoccati dopo il trattamento. Va rilevato che l'aggiunta di flocculanti o di altri additivi per la chiarificazione può essere fonte di ulteriore contaminazione del refluo.
Trattamento secondario	Questa fase comprende, in genere, un trattamento aerobico in cui il refluo viene aerato con ossigeno o aria (HRT 0,5-3 giorni) al fine di favorire i processi biologici di ossidazione che convertono la sostanza organica solubile in biomassa (fango). Possono verificarsi emissioni dovute allo strippaggio di composti volatili da parte dell'aria immessa nella vasca. Di solito si assume (anche se ciò non si verifica necessariamente) che le emissioni derivanti da un rifiuto trattabile biologicamente non siano pericolose. La determinazione di tutti i composti organici intermedi che potrebbero formarsi nel corso del processo e che potrebbero essere rilasciati in atmosfera non è di semplice attuazione. Dopo la fase di trattamento biologico l'effluente viene sottoposto ad un ulteriore trattamento di chiarificazione che può portare all'accumulo di composti organici o metallici nel fango.

	Emissioni in aria*	Emissioni in acqua	Fanghi
Trattamento aerobico	CO_2, composti osmogeni (prevalentemente di natura organica), microrganismi	TOC, N, P, Cl	TOC, N, P
Trattamento anaerobico	CH_4, CO_2, microrganismi	TOC, N, P, Cl	TOC, N, P

Note: *allo stato attuale il range dei gas prodotti nei diversi processi è molto più ampio ed include, verosimilmente, NH_3 e CO, anche se in quantità ridotte rispetto ai principali prodotti della depurazione.

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Nella seguante tabella, tratta dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", vengono effettuate alcune considerazioni, di tipo qualitativo, in merito alle principali emissioni derivanti dai trattamenti delle acque reflue e vengono riportate informazioni per una loro quantificazione.

Composto	Emissioni in aria	Emissioni in acqua	Emissioni al suolo e rifiuti solidi
Ammoniaca	Basse. Nel caso di rifiuti ad elevato contenuto di ammoniaca può essere condotto un bilancio di massa al fine di minimizzare il livello delle emissioni. L'ammoniaca può essere anche rilasciata nei processi di filtrazione sotto vuoto (per la rimozione delle particelle colloidali).		
Anidride carbonica	È possibile stimare l'emissione mediante il calcolo $TOC_{uscente}$ - $TOC_{entrante}$		
Metano	Basse		
Protossido di azoto	Basse		
Altre specie metalliche ed organiche		Le emissioni possono essere quantificate attraverso bilanci di massa (stima dei quantitativi in ingresso mediante analisi del rifiuto e dati analitici dei flussi uscenti)	
TOC			
COD			
BOD		10 – 20 mg/l (media mensile)	
Azoto totale			L'azoto ed il fosforo nell'effluente possono derivare dal trattamento di HNO_3, composti azotati, ammine, ecc. e di H_3PO_4
Fosforo totale			
Fluoro		Il fluoro non si ritrova comunemente nell'effluente a meno che l'impianto non riceva rifiuti contenenti questo elemento	
Metalli pesanti		Nei casi in cui la presenza di Hg e Cd non possa essere eliminata o, comunque, ridotta alla	Nei trattamenti biologici il 75-90% del Hg e del Cd si trasferisce nel fango. I quantitativi complessivi

Composto	Emissioni in aria	Emissioni in acqua	Emissioni al suolo e rifiuti solidi
		fonte, si rende necessaria la presenza di appositi sistemi di abbattimento per minimizzare il rilascio di tali elementi nelle acque.	non causano, in genere, problemi di smaltimento.

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E.5 Individuazione delle migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore in Italia

Per quanto riguarda le migliori tecniche disponibili per il settore del trattamento chimico-fisico e biologico sono al momento disponibili, a livello europeo, le analisi riportate nel "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", e nel "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector". Va, tuttavia, rilevato che questi documenti di riferimento non definiscono, in maniera dettagliata, le migliori tecniche disponibili per gli impianti di trattamento chimico-fisico e biologico dei rifiuti liquidi; il GTR ha, quindi, sviluppato autonomamente una elaborazione di tali documenti, facendo riferimento anche ad altre fonti, al fine di individuare le migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia. Nella presente sezione sono riportati i risultati della suddetta elaborazione.

E.5.1 Migliori tecniche e tecnologie per il trattamento dei rifiuti liquidi

E.5.1.1 Criteri generali e sistemi di monitoraggio

Sono da considerarsi Migliori Tecniche Disponibili:

1. predisporre le diverse sezioni dell'impianto ispirandosi a criteri di massima compattezza possibile, al fine di consentire un controllo più efficace sulle emissioni olfattive ed acustiche
2. ove necessario, ad esempio in prossimità di centri urbani, si devono privilegiare, in caso di possibilità di rilascio di composti osmogeni, sistemi di trattamento interrati o coperti dotati di sistemi di deodorizzazione e ventilazione
3. l'impianto di trattamento deve essere delimitato da idonea recinzione lungo tutto il suo perimetro. La barriera esterna di protezione, deve essere realizzata con siepi, alberature e schermi mobili, atti a minimizzare l'impatto visivo dell'impianto. Deve essere garantita la manutenzione nel tempo di detta barriera di protezione ambientale.
4. prevedere la presenza di appositi spazi per la realizzazione di eventuali adeguamenti tecnici e dimensionali e/o ampliamenti
5. dotare l'impianto di un adeguato sistema di canalizzazione a difesa dalle acque meteoriche esterne
6. per il trattamento presso impianti misti (impianti dotati di sezione di pretrattamento chimico-fisico e di sezione di depurazione biologica) determinare la potenzialità sulla base della capacità residua dell'impianto rispetto alla quantità prodotta in proprio o comunque convogliata tramite condotta. In ogni caso la potenzialità di trattamento in conto terzi non deve pregiudicare la capacità di trattamento dei propri reflui e/o di quelli conferiti tramite condotta rispetto alla capacità complessiva di trattamento dell'impianto
7. sulla base delle caratteristiche specifiche del rifiuto liquido da trattare e delle tipologie di trattamento messe in atto predisporre un adeguato piano di monitoraggio finalizzato a definire prioritariamente:

a. i parametri da misurare
b. la frequenza ed i tempi di campionamento
c. i punti di prelievo dei campioni su cui effettuare le misurazioni, tenendo conto dei costi analitici (reagenti e strutture) e dei tempi di esecuzione
d. le modalità di campionamento (campionamento istantaneo, composito, medio ponderato, manuale, automatico)
e. la scelta delle metodologie analitiche.

Deve essere privilegiato l'utilizzo di campionatori automatici, preferibilmente termostatati, al fine di garantire una corretta stima dei rendimenti di rimozione dell'impianto nella sua globalità e/o delle singole unità di trattamento.

Per le attività di supervisione, analisi e prevenzione di eventuali disfunzionalità dell'impianto, può essere, altresì, utile prevedere la presenza di sensori multiparametrici collegati ad un sistema centralizzato di telecontrollo on-line

8. per impianti che scaricano i reflui depurati in corpi idrici recettori (ad esempio gli impianti di depurazione di acque reflue che ricevono rifiuti liquidi), prevedere la presenza di centraline di rilevamento per il monitoraggio delle caratteristiche dei corpi idrici stessi a monte e a valle dello scarico, in modo da poter valutare in tempo reale l'impatto ambientale esercitato dall'impianto; in particolare dovrebbe essere sempre garantito, ai fini del rispetto della normativa vigente, il monitoraggio delle diverse classi di inquinanti tra cui, ad esempio: COD, BOD, azoto ammoniacale, azoto nitrico e nitroso, pesticidi, metalli (ad es. As, Cd, Hg, Cr, Ni, Pb), composti organo metallici (tra cui dibutilstagno, tertrabutilstagno, tributilstagno, trifenilstagno, dicloruro di dibutilstagno), IPA, composti organici volatili e semivolatili, composti nitroaromatici, alofenoli, aniline e derivati, pesticidi, PCB, tensioattivi, ecc.
9. garantire, sulla base delle indicazioni contenute nel piano di monitoraggio, un adeguato livello di intervento
10. garantire che il programma di monitoraggio preveda, in ogni caso:
    a. controlli periodici dei parametri quali-quantitativi del rifiuto liquido in ingresso
    b. controlli periodici quali-quantitativi del rifiuto liquido/refluo in uscita
    c. controlli periodici quali quantitativi dei fanghi
    d. controlli periodici delle emissioni
    e. controlli periodici interni al processo
11. ove necessario prevedere la possibilità di dotare l'impianto di un proprio laboratorio interno, fornito di attrezzature specifiche per le analisi di base. Nel caso di assenza di un laboratorio deve essere, comunque, prevista la possibilità di effettuare le analisi più semplici direttamente in impianto, ad esempio mediante l'utilizzo di kit analitici
12. per i processi di trattamento biologico garantire, all'interno dei reattori o delle vasche, condizioni ambientali di pH, temperatura, ossigenazione e carico adeguate. Per assicurare l'efficienza del trattamento è opportuno effettuare periodiche analisi biologiche volte a verificare lo stato di "salute" del fango. Tali analisi possono essere di diverso tipo:
    a. analisi della microfauna del fango attivo per la valutazione del processo biologico-depurativo, con particolare riferimento nei processi a fanghi attivi alla identificazione e valutazione della componente filamentosa per la prevenzione e la diagnosi di problemi legati alla fase di chiarificazione
    b. analisi metaboliche, quali la valutazione di Oxygen Uptake Rate (OUR), Ammonia Utilization Rate (AUR) e Nitrate Utilization Rate (NUR), che sono in grado di evidenziare anomalie o variazioni delle condizioni all'interno della vasca di ossidazione e consentono l'accertamento di fenomeni di inibizione del processo
13. predisporre e conservare un apposito registro dei dati di monitoraggio su cui devono essere riportate, per ogni campione, la data, l'ora, il punto di prelievo, le modalità di campionamento, le metodiche analitiche utilizzate e i relativi valori. I dati raccolti

nell'ambito dell'attività di monitoraggio devono essere organizzati ed espressi in modo tale che sia possibile effettuare delle elaborazioni statistiche e/o matematiche al fine di quantificare i principali aspetti di gestione del processo ed incrementare costantemente la resa dell'impianto. Il trattamento e l'elaborazione dei dati acquisiti dovrà prevedere:

a. l'effettuazione di bilanci di massa del processo riferiti ai singoli componenti
b. il calcolo dei rendimenti depurativi per ogni unità
c. il bilancio energetico e dei consumi, in funzione della tipologia di fonte (elettrica, gas, combustibili liquidi convenzionali, rifiuti), nonché la valutazione dei consumi energetici specifici di ogni operazione unitaria
d. la verifica dei calcoli cinetici relativamente ai processi fondamentali e valutazione complessiva dei processi mediante modelli matematici
e. la definizione di specifici indicatori finalizzati alla valutazione delle prestazioni del processo (es. MWh/t rifiuto trattato)
f. lo sviluppo di un apposito piano di efficienza
g. lo sviluppo di tecniche a minor consumo energetico

14. prevedere procedure di diagnosi in tempo reale dello stato del sistema in caso di disfunzioni. A tale scopo è opportuna la predisposizione di apposite tabelle di riferimento indicanti:
    a. evidenze della disfunzione
    b. possibili conseguenze a breve e lungo termine
    c. possibili cause
    d. analisi e verifiche di controllo
    e. possibilità di interventi correttivi

    Per le disfunzioni di tipo meccanico devono essere, altresì, previste:
    f. procedure per la sostituzione in tempo rapido delle apparecchiature elettromeccaniche in avaria
    g. procedure per la messa in by-pass parziale o totale della fase interessata dall'avaria.

    Devono essere, inoltre, effettuati periodici interventi di manutenzione, ad opera di personale opportunamente addestrato, finalizzati ad assicurare il corretto funzionamento delle diverse sezioni ed apparecchiature dell'impianto
15. dotare l'impianto di un piano di gestione delle emergenze e di un registro degli incidenti
16. garantire un adeguato livello di affidabilità del sistema impiantistico affinché siano raggiunte le prestazioni richieste nelle diverse condizioni operative
17. deve essere garantita la presenza di personale qualificato, adeguatamente addestrato alla gestione degli specifici rifiuti trattati nell'impianto ed in grado di adottare tempestivamente procedure di emergenza in caso di incidenti
18. disporre di un sistema che assicuri la tracciabilità dell'intera sequenza di trattamento del rifiuto, anche al fine di migliorare l'efficienza del processo. In tal senso, un sistema efficace deve consentire:
    a. la verifica dell'idoneità del rifiuto liquido al trattamento
    b. di documentare i trattamenti mediante appositi diagrammi di flusso e bilanci di massa
    c. di mantenere la tracciabilità del rifiuto lungo tutte le fasi di trattamento (accettazione/stoccaggio/trattamento/step successivi)
    d. di disporre, mediante accesso immediato, di tutte le informazioni relative alle caratteristiche merceologiche ed all'origine del rifiuto in ingresso. Dovrebbe, inoltre, essere garantita la possibilità per l'operatore di individuare, in ogni momento, la posizione di ciascuna tipologia di rifiuto lungo la sequenza di trattamento
    e. l'identificazione dei principali costituenti chimici del rifiuto liquido trattato (anche tramite l'analisi del COD) e l'analisi del loro destino una volta immessi nell'ambiente

19. disporre di procedure che consentano di separare e di verificare la compatibilità delle diverse tipologie di rifiuto, tra cui:
    a. test di compatibilità effettuati preliminarmente alla miscelazione dei diversi rifiuti liquidi
    b. sistemi atti ad assicurare che l'eventuale miscela di rifiuti liquidi sia trattata secondo le procedure previste per la componente caratterizzata da maggiore pericolosità
    c. conservazione dei risultati dei test, ed in particolare di quelli che hanno portato a reazioni potenzialmente pericolose (aumento di temperatura, produzione di gas o innalzamento di pressione, ecc.), registrazione dei parametri operativi, quali cambio di viscosità, separazione o precipitazione di solidi e di qualsiasi altro parametro rilevante (ad esempio, sviluppo di emissioni osmogene)
20. a chiusura dell'impianto deve essere previsto un piano di ripristino al fine di garantire la fruibilità del sito in coerenza con la destinazione urbanistica dell'area
21. pianificare un sistema di Benchmarking, che consenta di analizzare e confrontare, con cadenza periodica, i processi, i metodi adottati e i risultati raggiunti, sia economici che ambientali, con quelli di altri impianti e organizzazioni che effettuano le stesse attività.
22. le attività connesse con la gestione dell'impianto e le varie procedure operative che le regolamentano devono far parte di un apposito manuale di gestione al quale il gestore dell'impianto dovrà attenersi. Vanno attivate le procedure per l'adozione di sistemi di certificazione ambientale (ISO 14000) e soprattutto l'adesione al sistema EMAS.

E.5.1.2 Attività di informazione

Nell'ambito delle attività realizzative e gestionali deve essere:

23. prevista la pianificazione delle attività di formazione, informazione ed aggiornamento del personale dell'impianto in modo da fornire tutte le informazioni di carattere generale in materia di qualità, sicurezza ed ambiente nonché indicazioni relative ad ogni specifico reparto
24. garantito alle autorità competenti ed al pubblico l'accesso ai dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza. Le informazioni dovranno includere:
    a. dati e responsabile delle situazioni critiche o di emergenza
    b. descrizione delle attività esercitate
    c. materiali utilizzati e relative caratteristiche
    d. procedure di emergenza in caso di inconvenienti tecnici
    e. programmi di monitoraggio delle emissioni e dell'efficienza dell'impianto
25. resa pubblica la documentazione elaborata affinché sia garantita la trasparenza ed il coinvolgimento della popolazione in tutte le fasi di realizzazione dell'impianto attraverso relazioni periodiche di tipo divulgativo

E.5.1.3 Stoccaggio e movimentazione

Per quanto concerne le fasi di stoccaggio e movimentazione dei rifiuti, applicare le procedure standard riportate nelle "Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per il trattamento dei PCB, degli apparati e dei rifiuti contenenti PCB e per gli impianti di stoccaggio dei rifiuti".

E' necessario integrare le suddette tecniche con soluzioni più specifiche, individuate come migliori tecniche disponibili per lo stoccaggio e la movimentazione relativi al settore del trattamento chimico fisico e biologico dei rifiuti liquidi:

26. localizzare le aree di stoccaggio in zone distanti da corsi d'acqua e da aree sensibili ed in modo tale da ridurre al minimo la movimentazione ed il trasporto nelle successive fasi di trattamento
27. nell'impianto devono essere distinte le aree di stoccaggio dei rifiuti liquidi in ingresso da quelle utilizzate per lo stoccaggio dei rifiuti in uscita e dei materiali da avviare a recupero; lo stoccaggio dei rifiuti liquidi deve avvenire in maniera tale da evitare qualsiasi tipo di miscelazione con i rifiuti che hanno già subito il trattamento
28. dotare le aree di conferimento, di messa in sicurezza, di stoccaggio dei rifiuti liquidi di una copertura resistente alle intemperie e di superfici resistenti all'attacco chimico dei rifiuti
29. dotare l'area di stoccaggio di appositi sistemi di drenaggio al fine di prevenire rilasci di reflui contaminati nell'ambiente; il sistema di drenaggio deve, inoltre, evitare il contatto di rifiuti tra loro incompatibili
30. assicurare che i rifiuti liquidi contenenti sostanze volatili osmogene siano stoccati in serbatoi o contenitori a tenuta stagna, adeguatamente impermeabilizzati, posti in locali confinati e mantenuti in condizioni di temperatura controllata
31. i recipienti fissi e mobili, comprese le vasche ed i bacini utilizzati per lo stoccaggio dei rifiuti liquidi, devono possedere adeguati requisiti di resistenza in relazione alle proprietà chimico - fisiche ed alle caratteristiche di pericolosità dei rifiuti stessi
32. i serbatoi contenenti i rifiuti liquidi pericolosi devono essere provvisti di opportuni dispositivi antitraboccamento e contenimento
33. se lo stoccaggio dei rifiuti pericolosi avviene in recipienti mobili questi devono essere provvisti di:
    a. idonee chiusure per impedire la fuoriuscita del rifiuto stoccato
    b. dispositivi atti ad effettuare, in condizioni di sicurezza, le operazioni di riempimento e svuotamento
    c. mezzi di presa per rendere sicure ed agevoli le operazioni di movimentazione
34. conservare le soluzioni acide e basiche in idonei contenitori; tali soluzioni devono essere successivamente riunite, in modo da garantirne la neutralizzazione, in appositi serbatoi di stoccaggio
35. assicurare che i sistemi di collettamento dei rifiuti liquidi siano dotati di apposite valvole di chiusura. Le condutture di troppo pieno devono essere collegate ad un sistema di drenaggio confinato (area confinata o serbatoio)
36. dotare tutti i serbatoi ed i contenitori di adeguati sistemi di abbattimento degli odori, nonchè di strumenti di misurazione e di allarme (sonoro e visivo)
37. ogni contenitore, dotato di apposito indicatore di livello, deve essere posto in una zona impermeabilizzata; i contenitori devono essere provvisti di idonee valvole di sicurezza e le emissioni gassose devono essere raccolte ed opportunamente trattate
38. limitare il più possibile i tempi di stoccaggio di rifiuti liquidi organici biodegradabili, onde evitare l'evolvere di processi fermentativi
39. garantire la facilità di accesso alle aree di stoccaggio evitando l'esposizione diretta alla luce del sole e/o al calore di sostanze particolarmente sensibili
40. nella movimentazione dei rifiuti liquidi applicare le seguenti tecniche:
    a. disporre di sistemi che assicurino la movimentazione in sicurezza
    b. avere un sistema di gestione dei flussi entranti ed uscenti che prenda in considerazione tutti i potenziali rischi connessi a tali operazioni
    c. disporre di personale chimico qualificato, preposto al controllo dei rifiuti provenienti da laboratori, alla classificazione delle sostanze ed all'organizzazione dei rifiuti in imballaggi e contenitori specifici
    d. adottare un sistema che assicuri l'utilizzo delle tecniche idonee per lo stoccaggio ed il trattamento dei rifiuti liquidi. Esistono opzioni quali etichettatura, accurata

supervisione di tecnici, particolari codici di riconoscimento e utilizzo di connessioni specifiche per ogni tipologia di rifiuto liquido

e. assicurarsi che non siano in uso tubature o connessioni danneggiate
f. utilizzare pompe rotative dotate di sistema di controllo della pressione e di valvole di sicurezza
g. garantire che le emissioni gassose provenienti da contenitori e serbatoi siano raccolte e convogliate verso appositi sistemi di trattamento

41. assicurare che il mescolamento di rifiuti liquidi avvenga seguendo le corrette procedure, con una accurata pianificazione, sotto la supervisione di personale qualificato ed in locali provvisti di adeguata ventilazione. A tal fine può essere utile ricorrere alla tabella E.2, che indica la compatibilità chimica ed alcune delle possibili interazioni tra le diverse classi di sostanze. In nessun caso possono, comunque, essere previste operazioni di miscelazione finalizzate a ridurre le concentrazioni degli inquinanti. Dovrebbe essere, comunque, evitata la miscelazione di rifiuti che possono produrre emissioni di sostanze maleodoranti;
42. utilizzare un sistema di identificazione per i serbatoi e le condutture, con i seguenti accorgimenti:
    a) etichettare tutti i serbatoi ed i contenitori al fine di una identificazione univoca
    b) le etichette devono permettere di distinguere le varie tipologie di rifiuto e la direzione di flusso all'interno del processo
    c) conservare registri aggiornati relativi ai serbatoi di stoccaggio, su cui annotare: capacità, tipologie di soluzioni stoccate, programmi di manutenzione e risultati delle ispezioni, rifiuti liquidi compatibili con ogni specifico contenitore. A tal fine è necessario prendere in considerazione le proprietà chimico-fisiche del rifiuto liquido tra cui, ad esempio, il punto di infiammabilità
43. nel caso di sostanze che richiedono uno stoccaggio separato:
    a) verificare l'eventuale incompatibilità chimica tra i diversi rifiuti
    b) non mescolare emulsioni oleose con rifiuti costituiti da solventi
    c) a seconda della pericolosità del rifiuto può essere necessario condurre separatamente, oltre allo stoccaggio, anche le operazioni di pretrattamento

E.5.1.4 Trattamento delle emissioni gassose

Il trattamento di alcune tipologie di rifiuti liquidi può comportare il rilascio di emissioni gassose nell'ambiente per le quali può rendersi necessario il ricorso ad appositi sistemi di abbattimento. La scelta delle tecniche relative al trattamento delle emissioni gassose deve tener conto delle caratteristiche specifiche dell'impianto, ovvero dei molteplici fattori che possono influenzarne le emissioni atmosferiche (input, tipologie di trattamenti, condizioni operative, ecc.) nonché delle caratteristiche del sito ove esso è localizzato.
Per Migliori Tecniche Disponibili si intendono:

44. prevenire il rischio di esplosioni tramite:
    a) l'installazione di un rilevatore di infiammabilità all'interno del sistema di collettamento delle emissioni, nel caso sussista un significativo rischio di formazione di miscele esplosive
    b) il mantenimento delle miscele gassose in condizioni di sicurezza, corrispondenti al 25% del limite inferiore di infiammabilità (LEL); tali condizioni possono essere garantite mediante l'aggiunta di aria, l'iniezione di gas inerti (ad es. azoto) o il mantenimento di atmosfera inerte nei serbatoi di produzione. In alternativa si può mantenere la miscela dei gas in condizioni tali da garantire un sufficiente superamento del limite superiore di infiammabilità (HEL)

45. utilizzare attrezzature e/o equipaggiamenti idonei a prevenire l'innesco di miscele di ossigeno e gas infiammabili, o quantomeno a minimizzarne gli effetti, tramite strumenti quali dispositivi d'arresto di detonazione e fusti sigillati
46. effettuare una attenta valutazione dei consumi idrici, soprattutto nel caso di impianti localizzati in regioni particolarmente sensibili a questa problematica. Tenere in adeguata considerazione i consumi ed i recuperi di acque di processo e di raffreddamento. Nelle valutazioni sull'utilizzo delle tecniche di scrubbing ad umido devono essere considerate anche tecniche water-free
47. l'utilizzo di sistemi chiusi in depressione o dotati di apparati di estrazione e convogliamento dei gas ad appositi sistemi di abbattimento delle emissioni, in particolar modo nel caso di processi che prevedono il trattamento ed il trasferimento di liquidi volatili (incluse le fasi di carico e scarico dei serbatoi)
48. un limitato utilizzo di serbatoi con tappo superiore, nonché di vasche e pozzi garantendo, possibilmente, il collegamento di tutti gli sfiatatoi con appositi sistemi di abbattimento al fine di eliminare o, quantomeno, ridurre le emissioni dirette in atmosfera
49. l'utilizzo di sistemi di estrazione opportunamente dimensionati a servizio di tutto l'impianto (serbatoi di stoccaggio, reattori e serbatoi di miscelazione/reazione e aree di trattamento), oppure la presenza di sistemi specifici di trattamento delle emissioni gassose per ogni serbatoio e reattore (ad esempio, filtri in carbone attivo per i serbatoi a tenuta contenenti solventi, ecc.)
50. la presenza di colonne di lavaggio ("scrubber") per il trattamento dei principali composti inorganici contenuti nelle emissioni nel caso di processi o operazioni unitarie caratterizzate da emissioni puntuali
51. l'installazione di uno scrubber secondario per determinati sistemi di pretrattamento nel caso di emissioni gassose eccessivamente elevate o eccessivamente concentrate per gli scrubber principali
52. una corretto controllo operativo e una costante manutenzione dei sistemi di abbattimento, inclusa la gestione dei mezzi di lavaggio esausti
53. recupero dell'HCl quando possibile, attraverso lo scrubbing con acqua nelle fasi preliminari del trattamento, in modo da produrre una soluzione di acido cloridrico riutilizzabile nell'impianto
54. recuperare l'ammoniaca quando possibile
55. la predisposizione di un programma per l'individuazione e la riparazione delle perdite
56. una riduzione, ove necessario, delle emissioni complessive del particolato a 5 – 20 mg/Nm^3 [fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"] mediante l'utilizzo di una opportuna combinazione di tecniche di abbattimento e misure di prevenzione
57. una riduzione, ove necessario, delle emissioni complessive di composti organici volatili a 7 – 20[1] mg/Nm^3 [fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"] mediante l'utilizzo di una opportuna combinazione di misure di prevenzione e di tecniche di abbattimento illustrate in tabella E.6, valutando la specifica situazione
58. applicare, quando possibile, tecniche di recupero quali condensazione, separazione tramite membrane o adsorbimento, per recuperare materiali grezzi e solventi. Per correnti di gas caratterizzate da elevate concentrazioni di COV è indicato un pretrattamento con le seguenti tecniche: condensazione, separazione tramite membrane, condensazione. Successivamente si possono applicare adsorbimento, scrubbing ad umido o combustione. Nella valutazione comparata tra le tecniche di ossidazione catalitica ed ossidazione termica, tenere in

[1] Per bassi carichi di COV il limite superiore può essere innalzato a 50 mg/Nm^3

particolare considerazione i vantaggi associati alla prima, ovvero minori emissioni di ossidi di azoto, temperature inferiori e requisiti energetici più contenuti

59. rimuovere gli inquinanti dalle correnti gassose (acidi alogenidrici, Cl_2, SO_2, H_2S, CS_2, COS, NH_3, HCN, NO_X, CO, Hg) tramite l'applicazione delle tecniche illustrate in tabella E.6;

Riassumendo, le tecniche idonee sono:

- scrubbing ad umido (acqua, soluzione acida o alcalina) per acidi alogenidrici, Cl_2, SO_2, H_2S, NH_3
- scrubbing con solventi non acquosi per CS_2, COS
- adsorbimento per CS_2, COS, Hg
- trattamento biologico per gas per NH_3, H_2S, CS_2
- incenerimento per H_2S, CS_2, COS, HCN, CO
- SNCR o SCR per gli NO_X

Tabella E.2: schema di compatibilità chimica tra diversi gruppi di sostanze

N[a]	Gruppo reattivo																					
1	Acidi e minerali non ossidanti	1																				
2	Acidi e minerali ossidanti		2																			
3	Acidi, organici		GH	3																		
4	Alcoli e glicoli	H	HF	HP	4																	
5	Aldeidi	HP	HF	HP		5																
6	Ammidi	H	H GT				6															
7	Ammine alifatiche ed aromatiche	H	H GT	H		H		7														
8	Composti azotati, idrazine	H G	H GT	H G	H				8													
9	Carbammati	HG	HG T						HG	9												
10	Sostanze caustiche	H	H	H		H				HG	10											
11	Cianuri	GT GF	GT GF	GT GF					G			11										
12	Ditiocarbammati	H GF F	H GF F	H GF GT		GF GT		U	HG				12									
13	Esteri	H	H F						HG		H			13								
14	Eteri	H	HF												14							
15	Fluoruri	GT	GT	GT												15						
16	Idrocarburi, aromatici		H F														16					
17	Organoalogenati	H GT	H F GT					H GT	HG		H GF	H						17				
18	Isocianati	HG	H F GT	HG	HP			HP	HG		HP G	HG	U						18			
19	Chetoni	H	HF						HG		H	H								19		
20	Mercaptani e solfuri organici	GT GF	HF GT						HG									H	H	H	20	
21	Metalli elementari, alcali, terre alcal	GF HF	GF HF	GF HF	GF HF	GF HF	GF H	GF H	GF H	GF H	GF H	GF H	GFG TH	GF H				HE	GF H	GF H	GF H	21

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	30	31	32	33	34	101	102	103	104	105	106	107
24	Metalli e composti metallici tossici	S	S	S			S	S			S												24																
25	Nitruri	GF HF	HF E	HG F	GF HE	GF H			U	HG	U	GF H	GFH	GF H				GF H	U	GF H	GF H	E		25															
26	Nitriti	HG TF	HF GT						U													HP	S	GFH	26														
27	Nitro composti		HF GT			H			HE													HG FE		HGF E		27													
28	Idrocarburi alifatici	H	HF			H																					28												
30	Perossidi e idroperossidi	HG	HE		HF	HG		H GT	HF E	HF GT		HE GT	HEG T					HE	H	E	HF GT	HE	HG	HGF E	HP GT		HP	30											
31	Fenoli e cresoli	H	HF						HG										HP			GF H		GFH				H	31										
32	Organofosfati, fosfotioati e fosfoditioati	HG T	HG T						U		HE											H						U		32									
33	Solfuri inorganici	GT GF	HF GT	GT		H			E										H									HG T			33								
34	Epossidi	HP	HP	HP	HP	U		HP	HP		HP	HP	U								HP	HP	HP	HP				HP	HP	U	HP	34							
101	Combustibili ed infiammabili	HG	HF GT																			HG F		HFG F				HF GT					101						
102	Esplosivi	HE	HE	HE					HE		HE			HE								HE	E	E				HE	HE		HE	HE	HE	102					
103	Composti polimerizzabili	PH	PH	PH					PH		PH	PH	U									PH	PH	PH				PH	PH		PH			HE	103				
104	Agenti ossidanti forti	H GT		H GT	HF	HF	HF GT	HF GT	HE	HG GT		HF GT	HFG T	HF	HF		HF	H GT	HF GT	HF	HF GT	HF E		HFE	HF GT	HE	HF	HG	HF	HF GT	HF GT	HF G	HF G	HE	HF GT	104			
105	Agenti riducenti forti	HG F	HF GT	H GF	HF GF	GF HF	GF H	HG F	HG				HGT	HF				HE	GF H	GF H	GF H				HG F	HE		HE	GF H	GT GF H		H	GF H	HE	HP GF	HF E	105		
106	Acqua e soluzioni acquose	H	H						G										HG			GF H	S	GFH							GT GF						GF GT	106	
107	Sostanze reattive con l'acqua									Estremamente reattive! Non mescolare con altre sostanze!																													107

Note: [a] Gruppo di reattività di appartenenza (Reactivity Group Number)

Legenda: H sviluppo di calore F combustione G generazione di gas innocui e non infiammabili GT generazione di gas tossici **GF** generazione di gas infiammabili E esplosione **P** polimerizzazione rapida S solubilizzazione di sostanze tossiche U con effetti sconosciuti, ma potenzialmente pericolosi

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E.5.1.5 Gestione dei reflui prodotti nell'impianto

Le Migliori Tecniche Disponibili devono prevedere:

60. la riduzione dell'utilizzo e la minimizzazione della contaminazione dell'acqua mediante:
    a. impermeabilizzazione del sito
    b. controlli periodici dei serbatoi, in particolar modo di quelli interrati
    c. la dotazione di sistemi separati di drenaggio delle acque, a seconda del relativo carico di inquinante (acque di prima pioggia, acque di processo, ecc.), provvisti di un adeguato sistema di collettamento in grado di intercettare le acque meteoriche, le acque di lavaggio dei fusti e dei serbatoi e le perdite occasionali nonché di isolare le acque che potrebbero potenzialmente risultare maggiormente inquinante da quelle meno contaminate
    d. la presenza nell'impianto di un bacino di raccolta delle acque in caso di emergenza
    e. verifiche periodiche del sistema idrico, al fine di ridurre i consumi di acqua e prevenirne contaminazioni
61. l'esecuzione di controlli giornalieri all'interno del sistema di gestione degli effluenti e la compilazione e conservazione di un apposito registro
62. la presenza di idonee strutture di accumulo dei reflui a valle delle sezioni di pretrattamento e trattamento

E.5.1.6 Gestione dei rifiuti prodotti dall'impianto

Per Migliori Tecniche Disponibili si intendono:

63. la caratterizzazione dei rifiuti prodotti al fine di individuare le tecniche più idonee di trattamento e/o recupero
64. il riutilizzo dei contenitori usati (serbatoi, fusti, cisternette, ecc.)
65. l'ottimizzazione, ove possibile, dei sistemi di riutilizzo e riciclaggio all'interno dell'impianto

<u>Trattamento dei fanghi</u>

66. per il trattamento dei fanghi all'interno dell'impianto, le migliori tecniche disponibili sono (può essere utile fare riferimento al paragrafo F.7):
    - concentrare i fanghi applicando le tecniche illustrate nel paragrafo F.7.1
    - stabilizzare i fanghi prima di una ulteriore operazione di trattamento o smaltimento, tramite le tecniche descritte nel paragrafo F.7.2
    - nel caso si effettui l'incenerimento dei fanghi, recuperare l'energia generata al fine di utilizzarla nell'impianto
67. raffreddare il fango proveniente dal processo di essiccamento ad una temperatura inferiore a 50 °C prima del suo stoccaggio. I fanghi essiccati hanno, infatti, caratteristiche alquanto spiccate di infiammabilità. Possono pertanto sussistere rischi di esplosione in presenza di un innesco di accensione o comunque ad una temperatura superiore a 140 °C ed in atmosfera con una concentrazione di ossigeno almeno pari all'8%
68. in particolar modo per i fanghi derivanti dai processi di tipo biologico, può risultare vantaggioso un trattamento integrato di essiccamento ed incenerimento che consente di minimizzare i consumi di combustibile ausiliario. Questi possono essere, infatti, limitati a quelli richiesti nelle operazioni di accensione in quanto l'autotermicità nel forno è garantita in condizioni stazionarie quando venga alimentato un fango sufficientemente concentrato

(limite di concentrazione nel caso del forno a letto fluidizzato pari al 45-50% di secco). Tale scelta tecnologica risulta vantaggiosa anche per effetto della minimizzazione della produzione di fumi con conseguenti sensibili risparmi sui costi di impianto e di esercizio per la depurazione dei fumi

69. la presenza di idonee strutture di accumulo dei fanghi residui
70. i fanghi derivanti dal trattamento dovrebbero essere sottoposti ad analisi periodiche al fine di valutarne il contenuto in metalli pesanti (quali, ad esempio, Cd, Cr (VI e totale), Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As) e composti organici quali:
    - linear alchil benzen solforato (LAS)
    - composti organici alogenati (AOX)
    - Di(2-etilesil)ftalato (DEHP)
    - Nonilfenolo e nonilfenolo toxilato (NPE)
    - Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
    - Policlorobifenili (PCB)
    - Policlorodibenzodiossine (PCDD)
    - Policlorodibenzofurani (PCDF)
71. l'ente territorialmente competente deve valutare l'idoneità dei fanghi trattati provenienti dagli impianti di depurazione che ricevono rifiuti liquidi, ai fini del rilascio dell'autorizzazione allo spandimento al suolo degli stessi o per un loro invio ad impianti di compostaggio o trattamento meccanico/biologico

E.5.2 Migliori tecniche e tecnologie per i trattamenti chimico-fisici

E.5.2.1 Criteri generali

72. nella conduzione delle reazioni chimico-fisiche le migliori tecniche devono garantire:
    a. una chiara definizione, per tutte le operazioni del processo, degli specifici obiettivi e delle reazioni chimiche previste
    b. una verifica di laboratorio preliminare all'adozione di una qualsiasi nuova combinazione di reazioni o miscelazione di rifiuti liquidi e/o reagenti
    c. l'utilizzo di reattori specificatamente progettati per il trattamento condotto
    d. la localizzazione dei reattori in ambienti confinati, dotati di adeguati sistemi di aerazione ed abbattimento degli inquinanti
    e. il costante monitoraggio delle reazioni al fine di assicurare un corretto svolgimento delle stesse
    f. che sia evitato il mescolamento di rifiuti liquidi e/o di altri flussi di rifiuti che contengono sia metalli che agenti complessati. A tal fine può essere utile fare riferimento alla tabella E.2
73. rispetto alle diverse caratteristiche dei rifiuti liquidi da trattare sono da prevedere in via indicativa i seguenti processi usualmente praticati anche secondo schemi integrati:
    a. neutralizzazione per correggere il pH;
    b. ossidazione e riduzione chimica per la trasformazione di sostanze tossiche (es. cianuri, fenoli, cromati);
    c. coagulazione e precipitazione chimica per la rimozione degli inquinanti, sotto forma di composti insolubili, e dei solidi sospesi;
    d. sedimentazione, filtrazione, adsorbimento su carboni attivi o resine;
    e. processi a membrana e scambio ionico;
    f. disidratazione dei fanghi;
    g. rottura delle emulsioni oleose;

h. distillazione, evaporazione e strippaggio dei solventi.

Eventuali altri processi di trattamento potranno essere previsti in rapporto alle caratteristiche dei rifiuti

74. nel caso in cui lo scarico sia trattato in una successiva sezione biologica la capacità di trattamento chimico-fisico viene determinata dalla necessità di non modificare significativamente le caratteristiche qualitative dello scarico finale e dei fanghi della sezione biologica stessa. Nel caso dei rifiuti liquidi pericolosi dovrebbe essere sempre previsto un pre-trattamento chimico-fisico propedeutico al trattamento biologico
75. nei processi di neutralizzazione deve essere assicurata l'adozione dei comuni metodi di misurazione ed una periodica manutenzione e taratura degli strumenti. Deve essere, inoltre, garantito lo stoccaggio separato dei rifiuti già sottoposti a trattamento i quali, dopo un adeguato periodo di tempo, devono essere ispezionati al fine di verificarne le caratteristiche
76. applicare le seguenti tecniche ai processi di ossidoriduzione:
    a. abbattere le emissioni gassose durante i processi ossidoriduttivi
    b. disporre di misure di sicurezza e di sistemi di rilevazione delle emissioni gassose (es. rilevatori appositi per HCN, H_2S, NOx)
77. collegare le aree relative ai trattamenti di filtrazione e disidratazione al sistema di abbattimento emissioni dell'impianto
78. aggiungere agenti flocculanti ai fanghi ed ai rifiuti liquidi da trattare, al fine di accelerare il processo di sedimentazione e promuovere il più possibile la separazione dei solidi. Nel caso siano economicamente attuabili, favorire i processi di evaporazione (capitolo D, paragrafo D.2.2.11)
79. applicare tecniche di pulitura rapida, a getto di vapore o ad acqua ad alta pressione, per i sistemi filtranti
80. in assenza di contaminanti biodegradabili, le migliori tecniche devono prevedere l'utilizzo di una combinazione di trattamenti chimici (per la neutralizzazione e la precipitazione) e di trattamenti meccanici (per l'eliminazione di sostanze non disciolte)
81. favorire le tecniche che garantiscano la rigenerazione ed il recupero delle basi e degli acidi contenuti nei rifiuti liquidi e l'utilizzo degli stessi nelle operazioni di chiariflocculazione, precipitazione, ecc. effettuate presso l'impianto (si veda, a tal proposito, la rigenerazione degli acidi forti descritta nel successivo capitolo F, paragrafo F.4)
82. nel caso in cui il rifiuto liquido non sia avviato ad un ulteriore trattamento di tipo biologico, garantire il conseguimento, mediante l'applicazione delle opportune tecniche di rimozione, dei livelli di emissione indicati alla successivo punto 97, per quanto riguarda i metalli pesanti ed, ove possibile, alla successiva Tabella E.5, per quanto riguarda la domanda chimica e biochimica di ossigeno.
83. nel caso di avvio del rifiuto liquido ad un trattamento di tipo biologico la sezione di pre-trattamento chimico-fisico dovrebbe garantire, in linea generale, il raggiungimento dei limiti previsti dalla normativa vigente per gli scarichi delle acque reflue in rete fognaria per quanto riguarda i seguenti parametri: metalli pesanti, oli minerali, solventi organici azotati ed aromatici, composti organici alogenati, pesticidi fosforati e clorurati. I fenoli non dovrebbero superare una concentrazione pari a 10 mg/l.

E.5.2.2 Tecniche specifiche per categoria di inquinante

Oli e Idrocarburi

Le BAT per rimuovere questi inquinanti sono:

84. per ottenere una rimozione di oli ed idrocarburi, nel caso in cui la loro presenza sia abbondante e tale da rendere il rifiuto liquido incompatibile con i trattamenti previsti nell'impianto, è necessario applicare un'appropriata combinazione delle seguenti tecniche:

- separazione tramite ciclone, microfiltrazione o API, o, in alternativa, attraverso l'utilizzo di sistemi a piatti paralleli o corrugati (PPI Parallel Plate Interceptor, CPI Corrugated Plate Interceptor)
- microfiltrazione, filtrazione con mezzi granulari (ad esempio, su sabbia) o flottazione
- trattamenti biologici

Per una descrizione di maggior dettaglio delle tecniche sopra riportate si veda il capitolo D.
I livelli di emissione associati all'applicazione delle migliori tecniche disponibili per la rimozione degli oli ed degli idrocarburi sono riportati nella tabella E.3.

Tabella E.3: livelli di emissione associati alle BAT per la rimozione degli oli e degli idrocarburi

Parametro	Concentrazione [mg/l] [a 1]
Idrocarburi totali	0.05-1.5
BOD_5	2-20
COD	30-125
[a] media mensile [1] Fonte:"Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries" Febbraio 2003	

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Separazione delle emulsioni oleose

Le migliori tecniche di trattamento devono prevedere:

85. l'effettuazione delle seguenti operazioni:
    a. test o analisi per la verifica della presenza di cianuri nelle emulsioni; se presenti, è necessario ricorrere ad appositi pretrattamenti (si veda successivo punto 79)
    b. test di simulazione in laboratorio
86. la rottura delle emulsioni oleose ed il recupero dei componenti separati; per favorire la separazione può rendersi necessaria l'aggiunta di flocculanti e/o agenti coagulanti. L'operazione di separazione delle emulsioni oleose dovrebbe essere effettuata nelle prime fasi del trattamento al fine di prevenire effetti indesiderati e danni nei successivi stadi (per dettagli si veda il paragrafo D.2.1.5)
87. nel caso in cui la presenza di emulsioni oleose possa rappresentare fonte di danneggiamento delle strutture poste a valle ma l'operazione di disgregazione delle stesse non sia attuabile, deve essere, comunque, assicurata la loro rimozione mediante appropriate tecniche quali, ad esempio, ossidazione con aria, evaporazione o degradazione biologica.

Solidi sospesi totali (SS)

Le operazioni finalizzate alla rimozione dei solidi sospesi di seguito riportate non comprendono quelle utilizzate nel trattamento dei fanghi attivi e dei composti dei metalli pesanti, che saranno esaminate in altre sezioni.

Le BAT devono prevedere:

88. la rimozione dei solidi sospesi totali, nel caso in cui essi possano rappresentare fonte di danneggiamento delle sezioni dell'impianto poste a valle (ad esempio, raschiatura ed ostruzione di pompe e condutture, deterioramento dei sistemi di trattamento quali filtri, colonne di assorbimento, filtri a membrana, reattori di ossidazione, ecc.). A tal fine deve essere adottata una delle tecniche di trattamento riportate in tabella E.7.
    I trattamenti di rimozione dei solidi sospesi prevedono, generalmente, i seguenti stadi:
    1° step: sedimentazione/flottazione finalizzata ad intercettare il carico principale di SS al fine di prevenire intasamenti delle sezioni di filtrazione poste a valle e/o evitare il ricorso a frequenti operazioni di lavaggio (solitamente effettuato in controcorrente). Queste tecniche sono, in genere, sufficienti per prevenire fenomeni abrasivi e di ostruzione di pompe e tubature (posto che le emulsioni e i materiali grossolani siano stati precedentemente rimossi);

2° step: qualora il contenuto di solidi non sia stato sufficientemente ridotto, al fine di limitare fenomeni di intasamento dei sistemi posti a valle (filtri a membrana, sistemi di adsorbimento, reattori di ossidazione) può essere effettuata una filtrazione meccanica;
3° step: nel caso debba essere garantita la totale assenza di solidi (ad esempio, per trattamenti quali nanofiltrazione od osmosi inversa), si può ricorrere ad operazioni di microfiltrazione o ultrafiltrazione

89. una rimozione dei solidi sospesi dai rifiuti liquidi che privilegi tecniche in grado di consentire il successivo recupero dei solidi stessi
90. l'utilizzo di agenti flocculanti e/o coagulanti in caso di presenza di materiale finemente disperso o non altrimenti separabile, al fine di formare fiocchi di dimensioni sufficienti per la sedimentazione
91. la copertura o l'isolamento dei locali/sistemi di trattamento qualora gli odori e/o i rumori prodotti dal trattamento possano rappresentare un problema; le emissioni gassose devono essere convogliate, se necessario, ad un apposito sistema di abbattimento. Devono essere, altresì, applicate adeguate misure di sicurezza nel caso si prospettino rischi di esplosioni
92. una rimozione e un appropriato trattamento e smaltimento dei fanghi derivanti dal processo

Metalli pesanti

Le operazioni di recupero e riutilizzo risultano le sole opzioni attuabili al fine di impedire il rilascio dei metalli pesanti nell'ambiente, poichè essi costituiscono una classe di inquinanti che non può essere distrutta. Tutte le altre opzioni di trattamento determinano, semplicemente, il trasferimento dei metalli da un comparto ambientale all'altro.
Le migliori tecniche di trattamento devono prevedere:

93. la conduizione del processo di precipitazione nelle condizioni ottimali ed in particolare deve essere:
    a. portato il pH al valore di minima solubilità del composto metallico che si intende precipitare (idrossido, carbonato, solfuro, ecc.)
    b. evitata l'introduzione di agenti complessanti, cromati e cianuri
    c. evitata la presenza di materiale organico che potrebbe interferire nei processi di precipitazione
    d. consentita, quando possibile, la chiarificazione per decantazione, e/o mediante l'aggiunta di additivi, del rifiuto liquido trattato
    e. favorita la precipitazione mediante la formazione di sali di solfuro, in presenza di agenti complessati (questa tecnica può causare un incremento della concentrazione di solfuri nel refluo trattato)
94. il trattamento separato dei rifiuti liquidi contenenti metalli pesanti e loro composti e, solo successivamente, la loro eventuale miscelazione con altre tipologie di rifiuto liquido;
95. l'applicazione di tecniche in grado di privilegiare il recupero di materia; tali tecniche sono elencate in tabella E.8
96. nel trattamento di rifiuti liquidi contenenti composti del Cromo (VI) l'applicazione delle seguenti tecniche:
    a. evitare il mescolamento di rifiuti contenenti Cromo (VI) con altri rifiuti
    b. ridurre il Cr(VI) a Cr(III) (si veda capitolo F, paragrafo F.3)
    c. favorire la precipitazione del metallo trivalente
97. il conseguimento, mediante l'applicazione di una o più tecniche di trattamento opportunamente combinate tra loro, dei livelli di emissione previsti dalla normativa vigente in materia di acque e, per alcuni specifici metalli, ove possibile, dei livelli indicati in Tabella E.4

Tabella E.4: livelli di emissione associati alle BAT per la rimozione dei metalli

Parametro	Livello di emissione (mg/L)
Cr (totale)	<0,05 (comunque < 1)
Cu	<0,05 (comunque <0,1)
Ni	<0,05 (comunque < 1)
Pb	<0,05 (comunque <0,2)
Zn	<0,05 (comunque < 0,5)
As	<0,1
Cd	<0,002 (comunque <0,02)
Cr (VI)	<0,002 (comunque <0,2)
Hg	<0,003 (comunque <0,005)

Fonte: elaborazioni su dati tratti dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

98. la semplificazione dei successivi trattamenti di eliminazione dei metalli pesanti (ad esempio negli impianti centralizzati di trattamento delle acque reflue)

Sali e/o acidi inorganici

La presenza di sali e/o acidi inorganici in un rifiuto liquido o in un refluo può influenzare sia la biosfera del corpo idrico recettore (ad esempio fiumi di piccole dimensioni che ricevono input caratterizzati da elevati carichi salini) che la operatività del sistema fognario (ad esempio corrosione di tubature, pompe e valvole o malfunzionamento dei processi biologici).

Sono da considerarsi migliori tecniche disponibili:

99. un appropriato trattamento dei rifiuti liquidi contenenti sali e/o acidi inorganici, mediante il ricorso alle tecniche illustrate in tabella E.9
100. qualora attuabile, il ricorso a tecniche di trattamento che permettano il recupero ed il riutilizzo, nel rispetto delle normative vigenti, dei contaminanti separati, previa valutazione dei rispettivi effetti trasversali ed impatti ambientali

Cianuri, nitriti, ammoniaca

101. Nel trattamento di rifiuti liquidi contenenti cianuri applicare le seguenti tecniche:
    a. garantire l'eliminazione dei cianuri mediante ossidazione (si veda anche capitolo F, paragrafo F.2)
    b. aggiungere soda caustica in eccesso per prevenire l'acidificazione della soluzione
    c. evitare il mescolamento di rifiuti contenenti cianuro ed acidi
    d. monitorare l'avanzamento delle reazioni tramite misure del potenziale elettrico
102. applicare le seguenti tecniche nel trattamento di rifiuti liquidi contenenti nitriti:
    a. evitare il mescolamento di rifiuti contenenti nitriti con altri rifiuti
    b. monitorare ed evitare emissioni di NOX durante il processo di ossidoriduzione
103. applicare le seguenti tecniche al trattamento di rifiuti liquidi contenenti ammoniaca:
    a. utilizzare un sistema di strippaggio ad aria con scrubber acido per rifiuti contenenti soluzioni di ammoniaca fino al 20% in peso
    b. recuperare l'ammoniaca dagli scrubber
    c. eliminare l'ammoniaca rimossa dalla fase gassosa mediante lavaggio acido, con acido solforico, per produrre solfato di ammonio
    d. effettuare campionamenti di aria anche nelle sezioni di filtropressatura o nei camini, al fine di garantire il monitoraggio completo delle emissioni di composti organici volatili

Inquinanti non idonei ai trattamenti biologici

Alcuni flussi di rifiuti liquidi possono rivelarsi non adatti ai trattamenti di tipo biologico. La presenza di quantitativi eccessivi di sostanze tossiche o valori di COD scarsamente biodegradabile troppo elevati possono, infatti, inibire o danneggiare i processi biologici al punto tale da renderli sconsigliabili.

Non è possibile prevedere esattamente quali contaminanti risultano effettivamente inibitori dei processi biologici poiché questo dipende, in larga parte, dalla specifica tolleranza sviluppata dai pool di microrganismi nei confronti delle diverse classi di contaminanti.

Per il trattamento dei composti non idonei ai processi di tipo biologico deve essere previsto:

104. qualora essi siano presenti in concentrazioni elevate, la rimozione prima di ogni altro trattamento, ricorrendo, ad esempio, ad operazioni di strippaggio
105. l'utilizzo di una delle tecniche elencate in tabella E.10 preliminarmente, o in alternativa, al trattamento biologico. La scelta della tecnica più appropriata è decisamente sito-specifica, dipendendo dalle caratteristiche dell'impianto, dalla composizione del rifiuto liquido, dal livello di adattamento dei microrganismi e dalle caratteristiche del corpo idrico recettore.
106. l'utilizzo di tecniche che consentono, qualora possibile, di recuperare le sostanze separate, tra cui (per una descrizione di maggior dettaglio delle tecniche di seguito riportate si veda il capitolo D):
    - nanofiltrazione/osmosi inversa
    - adsorbimento, applicando gli accorgimenti più appropriati
    - estrazione
    - distillazione/rettifica
    - evaporazione
    - strippaggio
107. l'utilizzo di tecniche che non richiedono combustibili addizionali, qualora il recupero di materia non sia attuabile e le tecniche di abbattimento utilizzate in altre sezioni dell'impianto garantiscano il raggiungimento di risultati soddisfacenti. Nel caso sia previsto un trattamento biologico a valle, può essere sufficiente trasformare il carico organico bio-refrattario in composti biodegradabili, mediante l'utilizzo di tecniche quali:
    - ossidazione chimica (tenendo presente che si possono formare composti organici clorurati, qualora siano utilizzati agenti ossidanti a base di cloro)
    - riduzione chimica
    - idrolisi chimica
108. si devono, inoltre, prendere in considerazione i consumi di acqua associati ai seguenti trattamenti:
    - estrazione
    - distillazione/rettifica
    - evaporazione
    - strippaggio

E.5.3 Migliori tecniche e tecnologie per i trattamenti biologici

E.5.3.1 Criteri generali

Le migliori tecniche devono prevedere:

109. l'utilizzo di una delle seguenti tecniche per lo stoccaggio e la movimentazione:
    a. il ricorso a sistemi automatizzati di apertura e chiusura delle porte al fine di garantire che le stesse rimangano aperte per periodi limitati
    b. dotare l'area di sistemi di collettamento dell'aria esausta
110. il controllo delle caratteristiche del rifiuto in ingresso al fine di verificarne l'idoneità al trattamento, adattando i sistemi di separazione dei diversi flussi in funzione del tipo di

trattamento previsto e della tecnica di abbattimento applicabile (ad esempio, in funzione del contenuto di composti non biodegradabili). Al trattamento biologico dovrebbero essere ammessi esclusivamente i rifiuti liquidi non pericolosi con concentrazioni inferiori ai valori limite previsti dalla normativa vigente per lo scarico delle acque reflue in rete fognaria per i seguenti parametri: metalli pesanti (si veda anche il precedente punto 98), oli minerali, solventi organici azotati ed aromatici, composti organici alogenati, pesticidi fosforati e clorurati

111. l'utilizzo delle seguenti tecniche, nel caso sia applicata la digestione anaerobica:
    a. sviluppo di una adeguata integrazione del processo all'interno del sistema di gestione delle acque
    b. il riciclaggio del massimo quantitativo possibile di refluo nel reattore
    c. garantire che il sistema operi in condizioni termofiliche
    d. effettuare misure di TOC, COD, N, P e Cl nei flussi entranti ed uscenti
    e. massimizzare la produzione di biogas
112. nel caso in cui il trattamento biologico sia preceduto da una sezione di pretrattamento chimico-fisico la capacità di quest'ultima deve essere determinata in modo da non modificare significativamente le caratteristiche qualitative dello scarico finale e dei fanghi della sezione biologica
113. nel caso di impianti misti, in cui la sezione di trattamento biologica è destinata anche al trattamento di acque di processo o reflui di fognatura, il quantitativo massimo di rifiuti liquidi trattati in conto terzi e convogliati al processo biologico non dovrebbe superare il 10% della quantità totale trattata dallo stesso. Il trattamento dei rifiuti liquidi in impianti di depurazione di acque reflue urbane non deve, comunque, pregiudicare il mantenimento di un'adeguata capacità residua dell'impianto valutata in rapporto al bacino di utenza dell'impianto stesso ed alle esigenze di collettamento delle acque reflue urbane derivanti dalle utenze non ancora servite
114. il conseguimento, ove possibile, dei livelli di emissione riportati in Tabella E.5 per quanto riguarda la domanda chimica e biochimica di ossigeno (tali valori limite devono intendersi validi anche nel caso di impianti che effettuano esclusivamente il trattamento chimico-fisico dei rifiuti liquidi)

Tabella E.5: livelli di emissione associati alle BAT per la rimozione del COD e del BOD

Parametro	Livello di emissione (mg/L)
COD	20 -120
BOD	2 - 20

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E.5.3.2 Tecniche specifiche per alcune tipologie di sostanze ed impianti di trattamento

<u>Sostanze biodegradabili</u>

Le migliori tecniche di trattamento sono:

115. rimozione delle sostanze biodegradabili dai rifiuti liquidi utilizzando uno dei trattamenti biologici elencati nella tabella E.11 o una loro opportuna combinazione. Nel caso in cui siano applicati processi anaerobici, può essere richiesto un successivo trattamento aerobico. Un sistema di trattamento anaerobico può offrire il vantaggio di sfruttare l'energia derivante dalla combustione del metano prodotto, e di ottenere una consistente riduzione complessiva della produzione di fanghi attivi in eccesso (bassi rendimenti di crescita).
116. l'applicazione di tecniche di nitrificazione/denitrificazione (si veda, ad esempio, il capitolo F, paragrafo F.6) nel caso in cui il rifiuto liquido sia dotato di un elevato carico di azoto. In

presenza di condizioni favorevoli, le tecniche di nitrificazione/denitrificazione possono essere facilmente applicate ad impianti esistenti.

117. il percolato di discarica individuato come rifiuto pericoloso dal codice dell'Elenco Europeo dei rifiuti dovrebbe essere, in ogni caso, sottoposto a trattamenti preliminari di tipo chimico-fisico prima del suo avvio alla sezione di trattamento biologico (può essere utile far riferimento a quanto riportato nel capitolo F, paragrafo F.9 e nel capitolo G, paragrafo G.4). Il percolato individuato come non pericoloso dal codice dell'Elenco Europeo dei rifiuti dovrebbe essere sottoposto a preventiva analisi al fine di valutarne l'idoneità all'immissione diretta al depuratore biologico.

Impianti centralizzati di trattamento biologico

Le tecniche da applicare in un impianto centralizzato di trattamento biologico che riceve rifiuti liquidi sono:

118. evitare l'introduzione nell'impianto di rifiuti liquidi non biodegradabili o non idonei ad essere adeguatamente trattati dagli specifici sistemi presenti nell'impianto
119. miscelare opportunamente i reflui ed i rifiuti in entrata al fine di favorire l'equalizzazione dei rispettivi carichi di inquinanti e sfruttare gli effetti sinergici
120. trattare il rifiuto liquido in entrata utilizzando una combinazione dei seguenti trattamenti:
    - chiarificazione primaria comprensiva di sistemi di pre-mescolamento
    - aerazione (in bacino o serbatoio) ad uno o due stadi con successiva chiarificazione
    - filtrazione o flottazione ad aria per limitare la presenza di fiocchi, non facilmente separabili, nei fanghi attivi
    - in alternativa al 2° e 3° punto, è possibile utilizzare un bacino o un serbatoio di aerazione dotato di membrane da ultrafiltrazione o microfiltrazione

In generale i livelli di emissione di BOD associati all'applicazione delle BAT risultano, a valle del trattamento, inferiori a 20 mg/l. [Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"]

Tabella E.6: Tecniche di trattamento associate con le BAT per le emissioni gassose – rimozione dei composti organici volatili (I)

	Scrubber a umido (torri di lavaggio)	**Adsorbimento**	**Condensazione**
Scopo	Trasferimento di materiale dalla fase gassosa a quella liquida	Trasferimento di materiale dalla fase gassosa a quella liquida	Liquefazione per raffreddamento
Applicazione	Primo o secondo stadio di trattamento per il controllo dei composti organici volatili, degli inorganici e delle polveri, a seconda delle specifiche tecniche dello scrubber	Rimozione di composti organici volatili, sostanze odorigene, diossine Diverse varianti tecniche	Rimozione di composti organici volatili da flussi gassosi concentrati Pretrattamento prima di sistemi di abbattimento, scrubbing, adsorbimento
Limiti di applicazione	Le temperature ottimali per lo scrubbing ad acqua, senza reagenti chimici, sono sotto i 40 °C Concentrazione polveri: a seconda delle specifiche tecniche dello scrubber	Flussi fino a 100.000 Nm^3/h Temperature < 80 °C (GAC) < 250 °C (Zeoliti) Basso contenuto di polveri	Flussi fino a 100.000 Nm^3/h Temperature < 80 °C Basso contenuto di polveri (<50 mg /Nm^3)
Consumi	Liquidi di scrubbing e di raffreddamento Agenti chimici (acidi, alcalini, ossidanti) Energia: 0.2-1 kWh/1000 Nm^3 Vapore per stripping (desorbimento) Caduta di Pressione: 0.4 – 0.8 kPa	Azoto o vapore Acque di raffreddamento Caduta di Pressione: 2-5 kPa	Liquidi di raffreddamento Energia: Caduta di Pressione: 0.1-0.2 kPa
Effetti trasversali	Acque reflue da inviare a idoneo trattamento	Smaltimento materiali adsorbenti	
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	COV fino al 99 (comunque superiore al 50) Composti inorganici 90-99 SO_2 80-99	COV 80-95 Composti odorigeni 80-95 H_2S 80-95	
Livelli di emissione raggiungibili (mg/ Nm^3)	HF <1 HCl <10 (<50 con acqua) SO_2 <40	Hg <0.05 Diossine < 0.1 ng/ Nm^3 TEQ	

Tabella E.6: Tecniche di trattamento associate con le BAT per le emissioni gassose – rimozione dei composti organici volatili (II)

	Ossidazione termica	Trattamenti biologici (filtrazione/scrubbing/filtri percolatori)
Scopo	Ossidazione	Degradazione biologica ad opera di microorganismi
Applicazione	Trattamento di emissioni con elevate concentrazioni di COV, trattamento finale di sostanze pericolose	Rimozione di inquinanti solubili in acqua a basse concentrazioni: NH_3, ammine, idrocarburi, H_2S, toluene, stirene, sostanze osmogene
Limiti di applicazione	Flussi fino a 86.000 Nm^3/h Temperatura: 800-1.200 °C	Non idonei a flussi con caratteristiche discontinue Determinate condizioni ambientali (freddo, umidità, temperature elevate) possono condizionarne le prestazioni e danneggiarne i filtri La presenza di NH_3 può causare problemi
Consumi	Combustibile nelle fasi di avvio Energia: 3-8 kWh/1000 Nm^3 Caduta di Pressione: 1-5 kPa	Acqua (scrubbing e filtri percolatori) Energia: < 1kWh/1.000 Nm^3 Agenti chimici (nutrienti, regolazione pH) Caduta di Pressione: 0.2-2 kPa
Effetti trasversali	CO e NO_x nelle emissioni	Smaltimento materiale filtrante Emissione sostanze osmogene (scrubbing, filtri percolatori)
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	COV 95-99	COV 75-99 Composti inorganici 80-95 Sostanze osmogene 70-95
Livelli di emissione raggiungibili (mg/Nm^3)	TOC 1-4	Dipendono dalla concentrazione in ingresso

Tabella E.7: Tecniche di trattamento associate con le BAT per i solidi sospesi

	Sedimentazione (paragrafo D.2.1.1)	**Flottazione (paragrafo D.2.1.2)**	**Filtrazione (paragrafo D.2.1.3)**	**Microfiltrazione/ Ultrafiltrazione (paragrafo D.2.1.4)**
Scopo	Rimozione solidi sospesi	Rimozione solidi sospesi	Stadio di separazione dopo sedimentazione o flottazione, per raggiungere minimi valori di particolato	Chiarificazione completa, adeguata per trattamenti finali
Applicazione	Separazione dei solidi	Separazione di solidi non sedimentabili e olio	Separazione dei solidi	Separazione di tutti i materiali solidi, soluzioni colloidali, batteri e virus
Limiti di applicazione	Nessun limite al contenuto di SS Non applicabile ad emulsioni stabili	Deve essere evitata la presenza di detergenti schiumogeni Nessun limite alla concentrazione in entrata	Evitare solidi finemente dispersi e melmosi Concentrazioni elevate di SS causano intasamenti delle membrane	Le membrane sono vulnerabili ad attacchi chimici Necessaria una bassa concentrazione di SS in entrata, al fine di evitare intasamento
Consumi	Agenti chimici: 0.5-100 g/m^3 Energia: 0.5-1.5 kW (struttura di diametro 25-35 m)	Aria compressa: 0.53-0.55 m^3/m^3 Agenti flocculanti: 2.4-4.7 kg/t SS Energia: 20.6 kWh/1000 m^3	Coadiuvanti per la filtrazione Caduta di pressione Energia	Composti chimici antincrostanti, coadiuvanti e di lavaggio Energia relazionata al flusso ed alla caduta di pressione: 2-20 kWh/ m^3 (MF) 1-10 kWh/ m^3 (UF) Caduta di pressione: 0.02-0.5 MPa (MF) 0.2-1 MPa (UF)
Effetti trasversali	Smaltimento fanghi Emissioni rumorose da pompe e sistema rimozione fanghi Emissioni osmogene (es. COV) da strutture scoperte	Smaltimento fanghi Emissioni rumorose da pompe e insufflatori Emissioni osmogene (es. COV) da strutture scoperte, maggiori rispetto alla sedimentazione	Smaltimento fanghi dopo il lavaggio dei filtri	Smaltimento residui Emissioni rumorose da pompe
Requisiti volumetrici	Dipende dalla tipologia della struttura	Minori rispetto alla sedimentazione		Sistema modulare Requisiti minori rispetto alle altre tecniche

	Sedimentazione (paragrafo D.2.1.1)	**Flottazione (paragrafo D.2.1.2)**	**Filtrazione (paragrafo D.2.1.3)**	**Microfiltrazione/ Ultrafiltrazione (paragrafo D.2.1.4)**
Prestazioni raggiungibili % rimozione di inquinante)	SS 60-90 Solidi sedimentabili 90-95	oltre 98 (comunque non inferiore all'85) Solfuri di metalli pesanti: 95	Dipende dalle specifiche del sistema di filtrazione SS fino al 99 (comunque superiore al 50)	SS circa il 100
Livelli di emissione raggiungibili (mg/l)	SS < 10	SS 10-20 Oli 2-10	SS < 10 Oli < 5	
Applicabilità ad impianti già esistenti	A seconda della disponibilità di spazio	Possibile	Possibile	Possibile

Tabella E.8: Tecniche di trattamento associate con le BAT per i metalli pesanti

	Precipitazione/ Sedimentazione o Flottazione ad aria / Filtrazione	Scambio Ionico (paragrafo D.2.2.4)	Nanofiltrazione/Osmosi Inversa (paragrafo D.2.2.1)
Scopo	Trasferire metalli pesanti disciolti in composti insolubili e separarli dal flusso	Rimozione degli ioni dei metalli pesanti nella fase acquosa	Separazione degli ioni di metalli pesanti atttraverso apposite membrane Elevati grado di rimozione
Applicazione	Rimozione dei metalli pesanti, preferibilmente per flussi con alte concentrazioni	Soluzioni contenenti ioni di metalli pesanti Consente il recupero di materia	Soluzioni contenenti ioni di metalli pesanti Consente il recupero di materia
Limiti di applicazione	Evitare la formazione di agenti complessati Importante regolare il pH Non applicabile quando la concentrazione è minore della solubilità del precipitato	Temperature massime attorno ai 60 °C Gli agenti corrosivi danneggiano le resine	Concentrazioni con pressioni osmotiche troppo elevate Bassa resistenza chimica e termica
Consumi	Agenti precipitanti Flocculanti/Coagulanti Energia per le pompe	Liquidi di rigenerazione Anti – incrostanti Energia	Agenti chimici per la pulitura Energia : 1-3 kWh/m^3 Caduta di pressione: 0.5-3 MPa (NF) 2-100 MPa (OI)
Effetti trasversali	Smaltimento dei fanghi Possibili emissioni osmogene	Il processo di rigenerazione produce soluzioni ad alta concentrazione di metalli pesanti (per il recupero o lo smaltimento)	Le soluzioni concentrate risultanti necessitano di ulteriori trattamenti (es. scambio ionico)
Requisiti volumetrici		Relativamente limitati (comparabili alla nanofiltrazione / osmosi inversa)	Relativamente limitati (comparabili allo scambio ionico)
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	Precipitazione chimica: Hg: prossima al 100% con solfuro	80-99	Hg inorganico > 90 (NF) Hg organico > 90 (NF) Composti del Cd >90 (NF) Vicini al 100% con l'Osmosi Inversa
Livelli di emissione raggiungibili (mg/l)	Precipitazione chimica: Hg: 0,01-0,02 con solfuro Zn: 0,1-0,2 come idrossido; 0,02 – 0,05 se accoppiata a filtrazione su sabbia	0,1-10	Molto bassi (prossimi allo zero) con l'Osmosi Inversa
Applicabilità ad impianti già esistenti	Possibile	Relativamente semplice	

Tabella E.9: Tecniche di trattamento associate con le BAT per i sali inorganici e/o acidi

	Evaporazione (paragrafo D.2.2.11)	Scambio Ionico (paragrafo D.2.2.4)	Osmosi Inversa (paragrafo D.2.2.1)	Rimozione biologica dei solfati (paragrafo F.5)
Scopo	Distillazione di acqua con la formazione di un residuo solido concentrato	Rimozione di determinati ioni nella fase acquosa	Separazione dei contaminanti	Reazione anaerobica dei solfati a zolfo, attraverso i solfuri
Applicazione	Cristallizzazione dei sali inorganici per la loro separazione dalle acque Concentrazione di altre sostanze non volatili Consente il recupero di materia	Soluzioni contenenti sali, anche con la presenza di metalli pesanti Consente il recupero di materia	Ottenere alto grado di purezza per riciclare e riutilizzare le acque Aumento di concentrazione per ulteriori trattamenti Consente il recupero di materia	Rimozione dei solfati da acque reflue che ne contengono in abbondanza Può anche rimuovere metalli pesanti come solfuri Recupero dello zolfo generato
Limiti di applicazione	Evitare le sostanze schiumogene Non applicabile ad inquinanti volatili	Temperatura massima: circa 60 °C Gli agenti corrosivi possono danneggiare le resine	Concentrazioni con pressioni osmotiche troppo elevate Bassa resistenza chimica e termica	Reazione molto lenta, lungo tempo di residenza COD/solfati deve essere almeno 1:1
Consumi	Agenti chimici quando è necessario un pretrattamento Energia	Liquidi per la rigenerazione Antincrostanti Energia per le pompe	Agenti chimici per pulizia Energia: 1-3 kWh/m^3 Caduta di pressione: 2-100 MPa	Composti chimici (agenti neutralizzanti, flocculanti, coadiuvanti) Energia
Effetti trasversali	Il concentrato potrebbe richiedere ulteriore trattamento	Il recupero porta a soluzioni di sali ad alta concentrazione	Il concentrato richiede ulteriore trattamento (ad es. scambio ionico per il recupero)	Zolfo da riutilizzare
Requisiti volumetrici	Relativamente limitati	Relativamente limitati	Relativamente limitati	
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	Rimozione completa dei sali	80-99	Fino al 100%	Solfati: intorno al 95 Zinco: > 99 Cadmio: > 99
Livelli di emissione raggiungibili (mg/l)		0,1-10	Molto bassi (prossimi allo zero)	Solfati: 75 Zinco: 0,05-0,15 Cadmio: < 0,01

Tabella E.10: Tecniche di trattamento associate con le BAT per le sostanze inquinanti non idonee ai trattamenti biologici (I)

	Ossidazione (paragrafo D.2.2.6)	**Riduzione (paragrafo D.2.2.8)**	**Ossidazione ad aria umida – "Wet Air Oxidation" (paragrafo D.2.2.7)**
Scopo	Conversione degli inquinanti tramite H_2O_2 con UV o sali ferrosi, O_3, O_3/UV, Cl_2, ClO_2, ClO^-	Conversione degli inquinanti tramite SO_2, $NaHSO_3$, $FeSO_4$, NaHS	Reazione con O_2 in fase acquosa, alta T ed alta P, normalmente in presenza di catalizzatori
Applicazione	Ossidazione di materiale inorganico Può sostituire il trattamento biologico	Riduzione di materiale inorganico	Ossidazione di composti organici Protezione dei trattamenti biologici da materiale bio-refrattario (recalcitrante) Trasformazione del COD in sostanze biodegradabili Può sostituire il trattamento biologico
Limiti di applicazione	L'irradiazione UV richiede l'assenza di solidi nelle soluzioni (reflui) Attenzioni particolari per il trattamento di agenti ossidanti clorurati ed inquinanti organici	Numero di applicazioni limitato Accurato controllo del pH e del potenziale chimico di riduzione	Non raccomandato per basse concentrazioni di COD Fluoruri < 10 mg/l Basse concentrazioni saline (corrosione)
Consumi	Agenti ossidanti Agenti deputati alla distruzione del surplus di ossidanti Energia	Agenti riducenti Agenti deputati alla distruzione del surplus di riducenti Energia	Aria o Ossigeno Energia richiesta per T e P
Effetti trasversali	Gli agenti ossidanti contenenti cloro possono creare con gli inquinanti organici ulteriori composti organici alogenati	Il rilascio di sostanze gassose deve essere convogliato verso adeguati trattamenti	I coprodotti di reazione gassosi e liquidi possono richiedere un adeguato trattamento a valle
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	TOC > 90		COD: fino al 90 (comunque >60) nei processi a bassa pressione, 90 nei processi ad alta pressione

Tabella E.10: Tecniche di trattamento associate con le BAT per le sostanze inquinanti non idonee ai trattamenti biologici (II)

	Nanofiltrazione / Osmosi Inversa (paragrafo D.2.2.1)	**Adsorbimento (paragrafo D.2.2.3)**	**Estrazione (paragrafo D.2.2.12)**
Scopo	Separazione della maggior parte dei contaminanti	Trasferimento degli inquinanti solubili dalla fase acquosa ad un adsorbente	Trasferimento degli inquinanti solubili dalla fase acquosa ad un solvente
Applicazione	Raggiungimento di un elevato grado di purezza per riciclare e riutilizzare le acque Aumento di concentrazione degli inquinanti per ulteriori trattamenti successivi Consente il recupero di materia	Rimozione di inquinanti organici non biodegradabili, odorigeni e tossici Consente il recupero di materia	Rimozione di inquinanti organici non biodegradabili, odorigeni e tossici Consente il recupero di materia Non indicato come trattamento finale
Limiti di applicazione	Concentrazioni con pressioni osmotiche troppo elevate Bassa resistenza chimica e termica	Basso carico inquinante, altrimenti l'adsorbente si esausisce troppo velocemente Limitate concentrazioni di SS Efficienza dipendente dalle proprietà fisiche dell'inquinante (basse efficienze associate a basso peso molecolare, alta polarità ed alta solubilità)	Rifiuti liquidi preferibilmente liberi da solidi sospesi ed emulsioni Dipende dalla idoneità del solvente
Consumi	Agenti chimici per la pulizia Elevati consumi energetici	Adsorbenti Agenti chimici per la rigenerazione Energia per le pompe ed i processi di rigenerazione (temperature elevate)	Utilizzo di solventi per l'estrazione Energia per le pompe Energia per il recupero successivo del solvente (ad es.: distillazione / rettifica)
Effetti trasversali	La concentrazione di inquinanti richiede ulteriori trattamenti	I gas coprodotti durante la rigenerazione richiedono trattamento La rigenerazione porta alla produzione di residui	I reflui residui necessitano di trattamento per eliminare i solventi disciolti (ad es.: strippaggio) I residui di trattamento da recupero del solvente, se non recuperati, vanno inceneriti I gas coprodotti durante la rigenerazione richiedono trattamento
Prestazioni raggiungibili	Efficienza elevata	Efficienza elevata, a seconda dell'inquinante	Buona efficienza per particolari inquinanti con elevate concentrazioni all'input

Tabella E.10: Tecniche di trattamento associate con le BAT per le sostanze inquinanti non idonee ai trattamenti biologici (III)

	Distillazione / Rettifica (paragrafo D.2.2.10)	**Evaporazione (paragrafo D.2.2.11)**	**Strippaggio (paragrafo D.2.2.9)**
Scopo	Trasferimento dei contaminanti volatili dalla fase acquosa, con successiva condensazione dei vapori arricchiti	Distillazione di acqua con la formazione di un residuo solido concentrato	Trasferimento di inquinanti volatili nella fase gassosa tramite un lavaggio del rifiuto liquido con aria
Applicazione	Pretrattamento per rimuovere i contaminanti principali prima di ulteriori step di trattamento Rimozione di composti bio-refrattari e/o tossici	Concentrazione del refluo al fine di ottenere sostanze riciclabili, o precedentemente al trattamento termico Concentrazione di altre sostanze non volatili Consente il recupero di materia	Rimozione di composti volatili organici ed inorganici Consente il recupero di materia
Limiti di applicazione	Utilizzo limitato Necessaria l'assenza di solidi Richiede elevate concentrazioni di inquinante nel flusso in entrata Necessaria una adeguata differenza tra i punti di ebollizione degli inquinanti volatili e l'acqua	Evitare sostanze schiumogene Non applicabile ad inquinanti volatili	Reflui con basso contenuto di solidi sospesi
Consumi	Vapore per il riscaldamento Energia	Agenti chimici quando è necessario un pretrattamento Energia	Agenti anti-incrostanti Energia
Effetti trasversali	Richiede ulteriori trattamenti I gas prodotti devono essere convogliati ad un sistema di trattamento delle emissioni	Il concentrato potrebbe richiedere ulteriore trattamento	I flussi gassosi necessitano di adeguato trattamento
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	Buone prestazioni per determinati inquinanti sotto particolari condizioni	Rimozione quasi completa dell'inquinante, eccetto per le sostanze volatili	Elevata efficienza

Tabella E.11: Tecniche di trattamento associate con le BAT per i trattamenti biologici

	Trattamento anaerobico (paragrafo D.3.2)	Trattamento aerobico (paragrafo D.3.1)	
		Fanghi attivi	**Filtro percolatore**
Scopo	Conversione del materiale organico tramite microorganismi in assenza di aria (ossigeno)	Conversione del materiale organico tramite microorganismi in presenza di ossigeno disciolto, iniettato come aria od ossigeno puro	
Applicazione	Pretrattamento di reflui caratterizzati da elevato carico organico e flussi di caratteristiche costanti	Pretrattamento di reflui caratterizzati da elevato carico organico Utilizzato come sistema centrale di trattamento biologico	Pretrattamento o primo stadio del trattamento biologico, al fine di rimuovere i contaminanti più facilmente degradabili e migliorare la qualità dei fanghi
Limiti di applicazione	Processo molto sensibile alla presenza di sostanze tossiche o inibenti	Sensibili agli agenti inibitori, sebbene ceppi di microorganismi particolarmente adattati possono operare in presenza di moderate concentrazioni Temperature massime 30-35 °C	
Consumi	Agenti chimici per la neutralizzazione Energia	Aria od Ossigeno Agenti chimici per la neutralizzazione Agenti flocculanti Nutrienti: 23-42 kg/t COD Energia : 9.5 kWh/m^3	Aria Agenti chimici per la neutralizzazione Energia
Effetti trasversali	Il biogas può essere utilizzato come gas combustibile Rispetto ai processi biologici produce solo il 10% di fanghi in eccesso	Produzione di fanghi in eccesso circa 10 volte maggiore rispetto al trattamento anaerobico, necessario un trattamento adeguato Alto input energetico, per via del sistema di aerazione Emissioni odorigene e sonore	Fanghi in eccesso
Requisiti volumetrici	Minori rispetto ai trattamenti biologici	Consistenti	Relativamente modesti
Prestazioni raggiungibili (% rimozione di inquinante)	COD: 75-90 In combinazione con un processo biologico aerobico: COD: oltre 95 BOD: oltre 99 (comunque > 95)	BOD: oltre 99 (comunque > 95) COD: oltre 95 (comunque > 75) oltre 95 (membrana, comunque > 90) Indice fenoli: > 99 Azoto totale inorganico: >80 (membrana) NH_4-N: oltre 95 (membrana)	BOD: fino al 90,comunque > 40 (1 stadio) 85-95 (2 stadi)
Livelli di emissione raggiungibili (mg/l)		Solidi sospesi totali: 10	

	Trattamento anaerobico (paragrafo D.3.2)	**Trattamento aerobico (paragrafo D.3.1)**	
		Fanghi attivi	**Filtro percolatore**
Applicabilità ad impianti già esistenti	Necessario convogliare il metano prodotto in appositi serbatoi, o provvedere adeguatamente alla sua combustione	Dipendente dalle dimensioni	Semplice

F) APPROFONDIMENTO, OVE NECESSARIO, DELLE TECNICHE ANALIZZATE NEI BREF COMUNITARI E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DELLE DIVERSE TECNICHE

F.1 Introduzione

Nel presente capitolo vengono approfonditi, sulla base di quanto riportato nel "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" e nel "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water Gas Treatment/Management System in the Chemical Sector", i trattamenti dei rifiuti liquidi contenenti specifiche tipologie di inquinanti (quali, ad esempio, cromo esavalente, cianuri, acidi forti ecc.), i processi di rimozione biologica dell'azoto, dello zolfo e dei metalli pesanti ed i trattamenti dei fanghi. Viene, inoltre, effettuato un approfondimento della tecnica di ossidazione con ozono, già menzionata tra i trattamenti di ossidazione chimica, nel capitolo D, paragrafo D.2.2.6.

F.2 Trattamento di rifiuti liquidi contenenti cianuri

I cianuri devono essere rimossi dai reflui, prima che questi ultimi vengano avviati ai successivi trattamenti.
Il processo da adottare è quello di ossidazione dei cianuri a cianato e successiva idrolisi in ambiente alcalino per idrossido di sodio; l'agente ossidante scelto è il sodio ipoclorito in soluzione al 14-15% in cloro attivo.
La rimozione dei cianuri è propedeutica ai successivi trattamenti dei reflui industriali che li contengono ed è condizione essenziale per rendere i corpi d'acqua superficiali acque di buona qualità.

<u>Dati operativi</u>
La reazione iniziale, istantanea per ogni valore di pH, forma clorocianato (CNCl), composto volatile, tossico e di odore caratteristico.
Con l'idrolisi, il clorocianato si trasforma in cianato (CNO^-), sale solubile che possiede una tossicità valutata in un millesimo rispetto a quella del cianuro.
La cinetica della reazione di idrolisi del clorocianato dipende dal pH e diminuisce considerevolmente per valori di pH inferiori a 8. Per pH maggiori di 8,5 la reazione avviene in modo completo in circa 40 minuti: il tempo di reazione è, comunque, sensibilmente influenzato dalla natura dei metalli, sempre presenti nelle soluzioni, che complessano i cianuri. La reazione avviene a temperatura ambiente: le modeste variazioni di temperatura che si possono verificare non modificano in modo sensibile l'andamento del processo. L'ossidazione a cianato è abbastanza veloce per i metalli Zn, Cd e Cu (3-5 minuti), mentre per Ag, Ni e Fe è più lenta. Per il Ni occorrono 40 minuti.
Il raggiungimento dell'equilibrio di reazione può, comunque, essere accelerato dalla presenza di un eccesso di ipoclorito. Il dosaggio supplementare di ipoclorito ossida il cianato a biossido di carbonio e azoto; la cinetica della reazione rallenta notevolmente per valori di pH maggiori di 8,5.
Per far avvenire la reazione in modo completo occorre utilizzare dosaggi di ipoclorito con un eccesso che supera molto raramente il 20% rispetto al fabbisogno stechiometrico (2,5 equivalenti di NaOCl per ogni equivalente di CN^-).
La reazione viene seguita mediante controllo in continuo del pH, del potenziale RedOx e della temperatura.
All'aggiunta di ipoclorito si possono registrare diminuzioni di pH tali da dover adottare un'azione correttiva. L'aggiunta di soda, che si effettua nella seconda parte della reazione, serve, invece, per l'idrolisi. I conseguenti elevati valori di pH rallentano notevolmente la reazione, che va a

completezza per una concentrazione di cianuri di circa 1.000-1.500 ppm in tempi in genere non inferiori ai sessanta minuti.
Il controllo in continuo del potenziale RedOx è fondamentale per seguire l'andamento della reazione. In genere, all'inizio della reazione il potenziale è di poche decine o al massimo di qualche centinaio di mV e inizia a salire già dalle prime aggiunte di ipoclorito; l'aggiunta di ipoclorito, che viene dosato contemporaneamente alla soda, viene bloccata quando il potenziale raggiunge valori superiori a 400 mV. L'avvenuta ossidazione deve, comunque, essere sempre confermata da un controllo analitico sul refluo trattato.
I reflui trattati hanno già in partenza un pH fortemente alcalino, per cui non si rende mai necessario l'aggiustamento del pH nella fase iniziale del processo.
Da rilevare che l'ossidazione dei cianuri deve avvenire in un reattore batch munito di agitatore meccanico ed alimentazione automatica: l'impianto deve essere allocato in una struttura sotto aspirazione e l'intero sistema (carico del reattore, dosaggio dei reattivi, NaOH al 30% e NaOCl al 14-15%, e controllo di pH, rH e temperatura) deve essere monitorato in continuo.

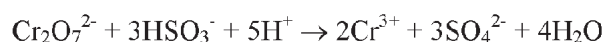
Campo di applicazione
Gli impianti di trattamento di queste tipologie di rifiuti, costituiti da bagni galvanici di zincatura, argentatura, ramatura, cadmiatura contenenti cianuri e cromati, soluzioni contenenti cianuri, bagni di sgrassaggio da cianuri ecc., non sono molto numerosi e richiedono una accurata messa a punto del processo.
Le caratteristiche chimiche orientative dei reflui generalmente trattati sono riportate nel seguente schema:

Tipologia	**pH**	**CN^- (ppm)**	**Cu (ppm)**	**Cd (ppm)**	**Pb (ppm)**	**Ni (ppm)**	**Cr(VI) (ppm)**	**Zn (ppm)**	**MBAS (ppm)**
Bagni galvanici (ramatura)	>12	1000-2000	7000-50000	N.R.	N.R.	70-100	N.R.	N.R.	N.R.
Bagni galvanici (zincatura)	>12	1000-2000	4000-5000	N.R.	N.R.	70-100	N.R.	10000-20000	N.R.
Bagni sgrassaggio	10-12	500-800	100-500	N.R.	N.R.	30-40	N.R.	100-500	100-1000

Trattamenti complementari
L'ossidazione dei cianuri contenuti in reflui industriali deve, solitamente, essere seguita da trattamenti complementari atti a rimuovere le altre sostanze inquinanti presenti.
Il trattamento successivo maggiormente usato è quello chimico-fisico per l'abbattimento dei metalli, dal quale si producono acque che possono essere successivamente avviate in impianti di trattamento biologico e quindi scaricate in corsi d'acqua, e fanghi liquidi, che, sottoposti a disidratazione, vengono, generalmente, smaltiti in discarica.

F.3 Trattamento di rifiuti liquidi contenti cromo esavalente

Il cromo esavalente deve essere rimosso dal rifiuto liquido prima che quest'ultimo venga avviato ai successivi trattamenti di depurazione.
Il processo prevede la riduzione del Cr VI per via chimica in ambiente acido, in cui il cromo è presente in forma ionica come ione bicromato, e successiva precipitazione del Cr III come idrossido. L'agente riducente scelto per questo processo è il sodio metabisolfito e lo schema di reazione è il seguente:

$$Cr_2O_7^{2-} + 3HSO_3^- + 5H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-} + 4H_2O$$

La cinetica della reazione è notevolmente influenzata dalla temperatura e dal pH. La velocità della riduzione, che si avvia già a temperatura ambiente, aumenta sensibilmente con la temperatura; l'ambiente di reazione deve, inoltre, essere acido.

Benefici ambientali

I problemi legati alla elevata tossicità del cromo esavalente e alla sua caratteristica di bioaccumulabilità vengono, in genere, ampiamente risolti dal trattamento di riduzione che cosente di effettuare lo smaltimento dei reflui industriali senza pericolo per i corpi d'acqua superficiali e la salute dell'uomo e senza l'uso di procedimenti o metodi che potrebbero recare pregiudizio all'ambiente.

Dati operativi

Per ottenere risultati soddisfacenti in tempi accettabili la riduzione deve essere condotta ad un pH non superiore a 4. Comunemente si opera a valori intorno a 2,5, ricorrendo a correzioni di pH, quando necessario, mediante aggiunta di acido solforico diluito. L'addizione di tale acido provoca un aumento di temperatura con sensibile aumento della velocità di reazione.

La reazione viene seguita mediante controllo in continuo del pH, della temperatura e del potenziale redox.

All'aggiunta dell'agente riducente si osserva un incremento di pH che richiede, il più delle volte, azioni correttive. La durata della reazione è, in genere, non superiore ai quaranta minuti. Prove effettuate senza la correzione di pH nel corso della reazione, hanno evidenziato che la riduzione, procede, seppur con una cinetica più bassa, anche per valori intorno a 3-3,5: in questi casi la durata del processo non supera, comunque, i sessanta minuti.

Il punto finale della riduzione, oltre che dalla osservazione della variazione cromatica dal giallo arancio al verde bottiglia, può essere individuato anche monitorando il potenziale RedOx. Va però, in tal caso, evidenziato che, sebbene in letteratura siano riportati valori di potenziale intorno ai 300 mV per il punto finale, all'atto pratico si sono riscontrati andamenti molto vari del potenziale, per cui è stato possibile standardizzare la variazione dello stesso col procedere della reazione solo per miscele note di rifiuti, più volte trattate e quindi monitorate.

L'avvenuta riduzione dei cromati viene sempre confermata da un controllo analitico.

I quantitativi di metabisolfito impiegati sono in genere in eccesso rispetto al fabbisogno stechiometrico: l'eccesso supera molto raramente il 20% (2,5 equivalenti di bisolfito per ogni equivalente di CrVI).

Le acque derivanti dal processo di trattamento sono fortemente acide (pH 1,5-3,0) e devono essere stoccate in serbatoio idoneo (es. cisterna di vetroresina bifenolica).

Da rilevare che la riduzione del cromo esavalente ha luogo in un reattore batch munito di agitatore meccanico ed alimentazione automatica: l'impianto deve essere allocato in una struttura sotto aspirazione dotata di opportuno sistema di abbattimento fumi e l'intero sistema (carico del reattore, dosaggio dei reattivi, H_2SO_4 al 50% e $NHSO_3$ al 25% di SO_2, e controllo di pH, rH e temperatura) deve essere monitorato in continuo.

Campo di applicazione

Gli impianti di trattamento di rifiuti di questo tipo, costituiti da bagni galvanici di cromatura, contenenti cianuri e cromati, soluzioni acide contenenti cromo esavalente ecc., non sono molto numerosi e richiedono una accurata messa a punto del processo.

Le caratteristiche chimiche orientative dei reflui trattati sono riportate nello schema seguente:

Tipologia	pH	Cr(VI) (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Bagni galvanici (cromatura)	1-3	5000-10000	N.R.	<100	40-100	100-200	50-100
Acque da lavaggio metalli	3-5	100-5000	N.R.	N.R.	<100	<100	<100

Trattamenti complementari

La riduzione del cromo esavalente contenuto nelle rifiuto liquido deve essere seguita da trattamenti complementari atti a rimuovere il cromo trivalente formatosi e le altre sostanze inquinanti presenti.
Il trattamento a valle maggiormente utuilizzato è quello chimico-fisico per l'abbattimento dei metalli, dal quale si producono acque che possono essere successivamente avviate in impianti di trattamento biologico e quindi scaricate in corsi d'acqua, e fanghi liquidi, che, sottoposti a disidratazione, vengono, generalmente, smaltiti in discarica.

F.4 Riutilizzo di acidi forti esausti nei trattamenti di rifiuti liquidi

L'acido solforico esausto può essere rigenerato per la produzione di nuovo acido solforico attraverso processi industriali di riduzione a SO_2 o riutilizzato, con o senza separazione delle impurità, come reagente nei trattamenti dei reflui industriali e dei rifiuti liquidi.
Gli acidi forti esausti utilizzati nel trattamento delle acque reflue provengono nella quasi totalità dei casi da operazioni di decapaggio di acciai e altri materiali ferrosi.
In questo tipo di lavorazioni viene impiegato soprattutto acido solforico al 20%, mentre l'impiego di acido cloridrico è caduto in disuso.
La soluzione acida, durante la lavorazione del metallo, si arricchisce in ferro, trasformandosi in una soluzione di solfato ferroso caratterizzata da una minore capacità di decapare i prodotti immersi.
In funzione dei valori di concentrazione di ferro raggiunti e di acidità libera in acido solforico residua e del tipo di lavorazione in atto, il bagno viene considerato esausto.
In tempi recenti la diffusione di sistemi di decapaggio a secco con graniglia metallica sta portando ad una progressiva riduzione dei quantitativi di acido solforico impiegato in questa attività, il che si si riflette su una riduzione dei quantitativi di acidi esausti disponibili per il trattamento di acque reflue.

Benefici ambientali

Fino a pochi anni fa era prassi diffusa depurare con calce gli acidi esausti da decapaggio; tale operazione comportava impiego di energia, mano d'opera e un quantitativo di calce tale da far aumentare fino a tre volte il volume iniziale del bagno.
Il fango di risulta, una volta disidratato, veniva avviato a discarica.
Il riutilizzo dell'acido solforico esausto quale agente flocculante nei trattamenti chimico-fisici dei reflui industriali ha oggi di fatto totalmente sostituito il trattamento con calce; esso può avvenire in forma diretta (o previa concentrazione) qualora il contenuto di impurezze lo consenta, o attraverso la cristallizzazione di solfato ferroso e il suo impiego in forma di sale.
Il riutilizzo degli acidi esausti di decapaggio solforico, per le ragioni sopra esposte, assume una indubbia valenza di tipo ambientale, sia per la riduzione di energia e di materie prime impiegate nel trattamento di rifiuti liquidi, che per la riduzione di conferimenti alle discariche da parte del settore metalmeccanico e metallurgico.

Dati operativi

L'impiego dei sali di ferro (solfati e cloruri) contenuti negli acidi esausti quali agenti di chiariflocculazione è ampiamente diffuso nei trattamenti di reflui industriali.
La composizione e la concentrazione di detti sali può variare in misura marcata dalla presenza del solo solfato ferroso a una miscela dello stesso con cloruro, mentre la concentrazione varia da soluzioni a 20 g/l fino al sale recuperato in forma solida per cristallizzazione.
La concentrazione di ferro maggiormente in uso varia tra gli 80 e i 200 g/l, il che corrisponde solitamente a una acidità libera in acido solforico inferiore a 60 g/l.

Campo di applicazione

L'utilizzo del solfato ferroso liquido da bagni esausti nei processi di chiariflocculazione ha un meccanismo di azione analogo a quello di altri prodotti quali il solfato ferroso eptaidrato.
Quest'ultimo viene normalmente impiegato nella depurazione delle acque unitamente a idrossido di calcio o altri prodotti alcalini, che, innalzando il pH, causano la formazione di fiocchi di idrossido di ferro, provocando l'aggregazione e l'addensamento delle sostanze sospese e colloidali e in parte di quelle disciolte.
L'acido esausto deve essere stoccato presso il depuratore d'impiego in serbatoi plastici (PVC, PE, poliestere, ebanite, polipropilene, resine epossidiche e fenoliche) o in ferro rivestito con ebanite grafitata.
In tempi recenti il solfato ferroso liquido da bagni esausti è stato impiegato con successo anche presso impianti di depurazione biologica per la rimozione del fosforo attraverso la co-precipitazione nella vasca a fanghi attivi.

Possibili effetti indesiderati

Nell'impiego degli acidi esausti è importante prestare particolare attenzione alla presenza e alla concentrazione dei metalli pesanti (in particolare Cu, Zn, Cr e Pb) che trae origine dalla composizione dei materiali decapati e che può rendere più difficile ed oneroso lo smaltimento dei fanghi di risulta.

Trattamenti complementari

Nella maggior parte dei casi i trattamenti chimico-fisici di chiariflocculazione delle acque industriali presso piattaforme polifunzionali sono seguiti da una fase di trattamento biologico dei reflui.
L'impiego di acidi esausti in qualità di agenti di flocculazione non arreca danni al successivo trattamento biologico.

F.5 Rimozione biologica dello zolfo e dei metalli pesanti

La rimozione biologica dei composti contenenti zolfo in forma ossidata e dei metalli pesanti rappresenta una particolare applicazione dei processi di trattamento anaerobico. Essa viene effettuata in tre stadi che consistono in:

- riduzione biologica anaerobica del solfato, o di altri composti contenenti zolfo in forma ossidata, a solfuro, per mezzo di specifici batteri
- precipitazione dei metalli pesanti e del solfuro mediante la formazione di sali
- un secondo stadio biologico (aerobico) in cui l'eccesso di solfuro è convertito in zolfo.

L'efficacia del processo si basa sulla solubilità notevolmente inferiore dei solfuri di metalli pesanti rispetto a quella dei corrispondenti idrossidi.

Dati operativi

Il processo prevede l'utilizzo di:

- un reattore UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket reactor) in cui ha luogo la riduzione del solfato a solfuro
- un sistema di gestione del biogas generato nel reattore UASB
- un reattore a biomassa adesa in cui l'eccesso di solfuro è convertito aerobicamente in zolfo
- un sedimentatore per la separazione dello zolfo
- un trattamento finale di filtrazione (ad es. filtro a sabbia)

Il processo biologico richiede la presenza di sostanza riducente, in genere costituita dai composti organici contenuti nel refluo (misurabili, ad esempio, come COD). Qualora il contenuto di COD

non sia sufficiente a garantire il completo svolgimento delle reazioni deve essere, ovviamente, aggiunto un ulteriore donatore di elettroni.
Elementi o composti riducenti sono, ad esempio:

- H_2
- Amido
- Etanolo
- Acido formico
- Sali o esteri di acetato
- Sali o esteri di proprionato
- Lattato

Oltre a questi possono essere utilizzati, come donatori di elettroni, anche residui di vario genere quali, ad esempio:

- Segatura
- Melasse

Poiché la conversione del solfuro a zolfo tende a determinare un incremento dell'alcalinità può rendersi necessario, ai fini di una neutralizzazione della soluzione, il ricircolo di parte del refluo derivante dall'operazione di sedimentazione o di filtrazione.

Limiti di applicabilità:

tempo di residenza nel reattore UASB	6 ore
Rapporto COD/solfato	1:1; se il contenuto di COD risulta inferiore è richiesta l'aggiunta di donatori di elettroni
Dosaggio di flocculanti nel sedimentatore	Va opportunamente determinato al fine di garantire una sedimentazione ottimale

Fonte:"Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Rimozione percentuale ed emissioni:

parametro	Rimozione (%)	Emissioni (mg/l)	Concentrazione nell'influente (mg/l)
Zn	>99	0,05-0,15	100
Cd	>99	<0,01	1
SO_4^{2-}	~95	75	1.170 (in presenza di metalli pesanti)

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Va rilevato che, a fine trattamento, i solfuri dei metalli pesanti e lo zolfo risultano, rispettivamente, miscelati con l'eccesso di fango derivante dal reattore UASB e con il materiale solido in uscita dal sedimentatore.

Campo di applicazione

Il trattamento biologico è applicabile a tutti i reflui contenenti una certa quantità di solfati.
Va, infine, rilevato che la rimozione dei solfati è attuabile anche in assenza di metalli pesanti, mentre per l'allontanamento di questi ultimi è richiesta la presenza di un quantitativo di solfato sufficiente a garantire la successiva precipitazione dei solfuri.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi della rimozione biologica dello zolfo e dei metalli pesanti sono:

Vantaggi	Svantaggi
• trattamento dei solfati senza dover ricorrere all'aggiunta di precipitanti chimici • rimozione simultanea di solfati e di metalli pesanti • i metalli pesanti, allontanati come solfuri, possono essere recuperati • minor solubilità dei solfuri dei metalli pesanti rispetto ai relativi idrossidi e, pertanto, migliori rimozioni • lo zolfo può essere recuperato e riutilizzato • rimozione di COD e di nitrati • processo relativamente stabile	• spesso è richiesta l'aggiunta di donatori di elettroni con conseguente aumento dei costi operativi • i solfuri metallici sono miscelati con il fango nel reattore UASB • non consente di rimuovere metalli pesanti in assenza di solfato

F.6 Rimozione biologica dell'azoto

L'azoto, o più precisamente, l'ammonio presente in un refluo può essere rimosso mediante apposito trattamento biologico che consta, essenzialmente, di due fasi:

- nitrificazione aerobica, attuata da microrganismi che convertono l'NH_4^+ in NO_2^- e, successivamente, quest'ultimo in NO_3^-
- denitrificazione anossica attuata da microrganismi che convertono il nitrato in azoto elementare.

Come tutti i processi biologici anche la nitrificazione/denitrificazione è vulnerabile alla presenza di sostanze inibenti; va, però, rilevato che concentrazioni sufficientemente basse di sostanze tossiche possono portare ad un progressivo adattamento da parte dei microrganismi e, quindi, ad una graduale perdita dell'effetto inibente (ovviamente la presenza di tali sostanze è "tollerata" fino a determinate concentrazioni, oltre le quali l'effetto inibente si manifesta in ogni caso). Per una analisi più dettagliata dei principali composti inibenti si rimanda alla letteratura di settore o al "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector".

Dati operativi

Il trattamento di nitrificazione/denitrificazione, quando attuato, viene generalmente incorporato nei processi di depurazione condotti negli impianti centralizzati di trattamento biologico delle acque reflue. Affinché il processo di nitrificazione/denitrificazione abbia efficacia deve essere garantito un corretto bilanciamento tra azoto (in forma di nitrato/nitrito) e COD. A tal fine possono essere adottate due diverse modalità operative:

1. la nitrificazione, facente parte dello stadio aerobico del processo, rappresenta la prima fase del trattamento di rimozione dell'azoto; il rapporto N/BOD può essere corretto, nella successiva fase di denitrificazione, addizionando composti organici prontamente biodegradabili (ad esempio, metanolo, figura F.1)
2. la denitrificazione, in cui il refluo non trattato viene utilizzato come fonte di BOD, viene posta come primo stadio del processo seguita dalla nitrificazione in ambiente aerato; in questo caso deve essere previsto il ricircolo di gran parte del refluo nella sezione di denitrificazione (Figura F.2).

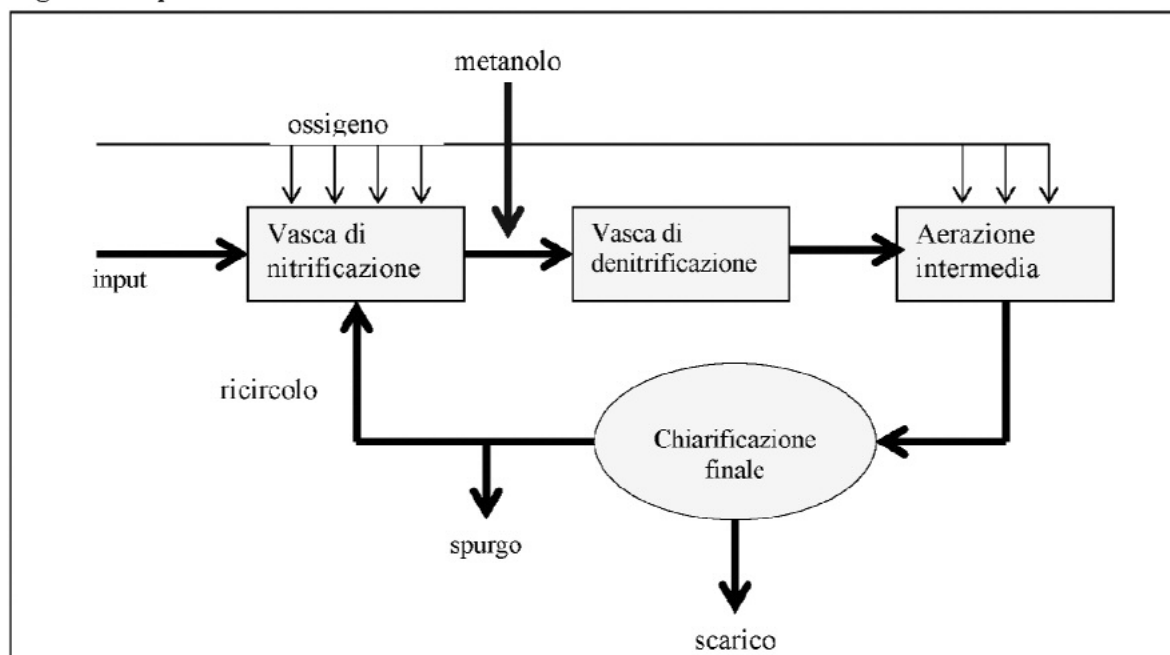
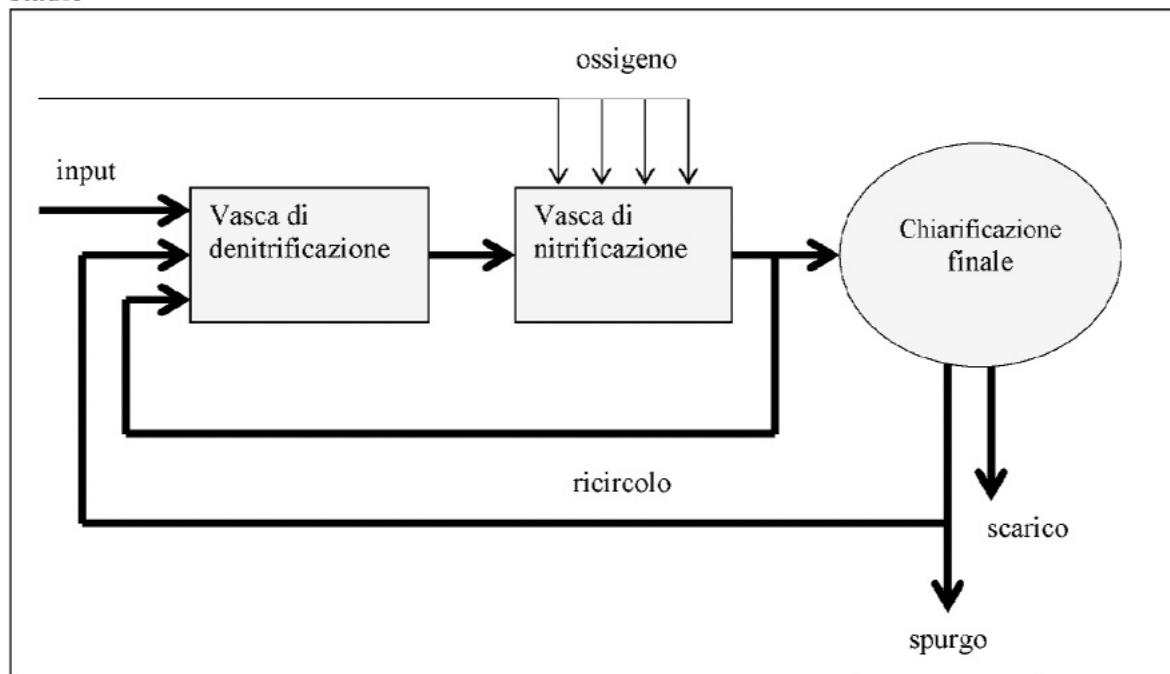
Figura F.1: processo di nitrificazione/denitrificazione

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Figura F.2: processo di nitrificazione/denitrificazione con la denitrificazione come primo stadio

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Va rilevato che gli impianti non costruiti in previsione di un trattamento di nitrificazione/denitrificazione possono essere facilmente adattati mediante il ricorso a semplici modifiche strutturali tra cui, ad esempio:

- costruzione di pareti divisorie all'interno delle vasche di depurazione al fine di dedicare parte delle stesse al trattamento di nitrificazione /denitrificazione;
- costruzione di sistemi di collettamento per il ricircolo dei reflui ricchi di nitrati;
- modifiche ai sistemi di controllo del processo.

Limiti di applicabilità:

Temperatura (°C)	>12-15 (temperature inferiori ostacolano la crescita batterica nello stadio di nitrificazione)
Sostanze tossiche	Effetto inibente da parte di diversi composti
Rapporto BOD/N	Intorno a 12:1
Rapporto TOC/N	Intorno a 10:1
Concentrazione di cloruri (g/l)	< 5 g/l

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Rimozione percentuale ed emissioni:

parametro	Rimozione (%)	Emissioni (mg/l)
N inorganico totale	70-80	10-20

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Campo di applicazione

La nitrificazione/denitrificazione è applicata ai reflui caratterizzati da un elevato contenuto di azoto, in particolare ammine e composti ammoniacali. Il controllo delle emissioni di ammonio nei corpi idrici recettori rappresenta un aspetto di particolare rilevanza ai fini della tutela delle risorse idriche; l'NH_3, che può formarsi dall'ammonio in seguito a riduzione di pH, rappresenta, infatti, un elemento tossico per la fauna ittica.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi delle rimozione biologica dell'azoto sono:

Vantaggi	Svantaggi
• rimozione effettiva di composti azotati • facilmente integrabile negli impianti di trattamento biologico pre-esistenti	• processo sensibile alle variazioni delle condizioni operative, al pH, alla temperatura, alla presenza di composti inibenti e alla composizione del refluo • rilascio di emissioni gassose in atmosfera

F.7 Trattamenti dei fanghi

La maggior parte dei processi di trattamento biologico di rifiuti liquidi determina la produzione di quantitativi più o meno consistenti di fanghi le cui caratteristiche variano, anche notevolmente, a seconda della tipologia di rifiuto e della tecnica di trattamento adottata. In linea generale il fango appare come un liquido o come un liquido semi-solido con un contenuto di solidi variabile tra lo 0,25 ed il 12% in peso [fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"].

Nel caso specifico dei trattamenti biologici esso è, essenzialmente, costituito dai prodotti di mineralizzazione, dal tessuto batterico e da inquinanti quali, ad esempio, i metalli pesanti.
Il fango non trattato non può essere direttamente smaltito o utilizzato, in particolar modo per le seguenti ragioni:

- contenuto di sostanze inquinanti volatili dannose per l'atmosfera;
- contenuto di sostanze inquinanti dannose per i corpi idrici;
- elevato contenuto di acqua che ne rende difficoltoso, ad esempio, l'incenerimento diretto.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate appare evidente come il fango necessiti di opportune operazioni di trattamento finalizzate a ridurne quanto più possibile l'impatto ambientale e a favorirne un corretto smaltimento. Con particolare riferimento agli impianti di trattamento biologico centralizzati, che generano ingenti quantitativi di fanghi e che richiedono, di conseguenza, sistemi particolarmente efficienti per la gestione degli stessi, possono essere adottate diverse tecniche variamente combinate. Le operazioni gestionali dei fanghi possono essere, in estrema sintesi, così schematizzate:

- operazioni preliminari quali:
  - macinazione
  - miscelazione
  - stoccaggio
  - dissabbiatura
- operazioni di ispessimento quali (si veda paragrafo F.7.1):
  - ispessimento per gravità
  - ispessimento per centrifugazione
  - ispessimento per flottazione
  - ecc.
- stabilizzazione del fango mediante (si veda paragrafo F.7.2):
  - trattamento chimico (calce)
  - trattamento termico
  - digestione anaerobica
  - digestione aerobica
- condizionamento del fango mediante (si veda paragrafo F.7.2):
  - trattamento chimico
  - trattamento termico
- disidratazione del fango mediante (si veda paragrafo F.7.1):
  - centrifugazione
  - filtropressatura
  - nastropressatura
- essiccamento attraverso l'utilizzo di:
  - essiccatori rotativi
  - essiccatori a spruzzo (spray dryers)
  - essiccatori a flash (flash dryers)
  - evaporazione
  - multiple heart dryers
- ossidazione termica mediante, ad esempio (si veda paragrafo F.7.3):
  - incenerimento su letto fluidizzato
  - incenerimento a tamburo rotante
  - incenerimento in miscela con altri rifiuti
  - ossidazione ad umido (wet air oxidation)
  - ossidazione in reattore a "pozzo profondo" (Deep Shaft Reactor)
- smaltimento o riutilizzo nel rispetto delle normative vigenti

F.7.1 Ispessimento e disidratazione dei fanghi

Le operazioni di ispessimento e di disidratazione sono finalizzate ad incrementare il contenuto di solidi dei fanghi ovvero a ridurne il quantitativo di acqua. Esse consentono, in tal modo, di ottenere un rifiuto caratterizzato da volumi notevolmente inferiori e, pertanto, più facilmente gestibile nelle successive fasi di trattamento. Le due operazioni differiscono, essenzialmente, per i differenti livelli conseguibili di rimozione della componente acquosa.
Per una descrizione maggiormente dettagliata delle tecniche di ispessimento e disidratazione più comunemente adottate (ad esempio, sedimentazione, flottazione, nastropressatura, filtropressatura, ispessimento mediante l'utilizzo di tamburo rotante, ecc.) si rimanda al capitolo D.
Nel presente paragrafo si riportano, invece, le performance delle diverse tecniche nonché i relativi vantaggi e svantaggi, con specifico riferimento al trattamento dei fanghi.

Dati operativi

Tecnica	Concentrazione fanghi (%)	Solidi trattenuti (%)	Note
Ispessimento gravitazionale	2-10	80-92	In funzione della tipologia di fango
Ispessimento per centrifugazione	3-8	80-98	
Ispessimento mediante flottazione (DAF)	2-10	80-98	
Disidratazione per centrifugazione	10-35	85-98	Mediante l'utilizzo di additivi chimici
Ispessimento mediante tamburo rotativo	3-4		
	15-30	90-98	Trattamento sotto vuoto
Nastropressatura	15-30	85-98	Mediante l'utilizzo di additivi chimici
Filtropressatura	20-50	90-98	Mediante l'utilizzo di additivi chimici

Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi delle operazioni di ispessimento dei fanghi sono:

Tecnica	Vantaggi	Svantaggi
Ispessimento gravitazionale	• prestazioni eccellenti con i fanghi primari non trattati • risultati soddisfacenti per impianti di piccole dimensioni e con concentrazioni di fanghi comprese tra il 4 ed il 6% • bassi consumi di energia	• prestazioni marginali in grandi impianti • solo basse concentrazioni di solidi nel trattamento di fanghi attivati
Ispessimento per centrifugazione	• efficiente produzione di fanghi essiccati e buone capacità di separare solidi difficilmente filtrabili • richiesta di spazio relativamente bassa rispetto alle altre tecniche di ispessimento	• elevati consumi di energia per unità di fango trattato • minore rimozione di acqua rispetto ai trattamenti di disidratazione • genera vibrazioni e rumori • richiede personale specializzato per

Tecnica	Vantaggi	Svantaggi
	• facilità di installazione • limitati problemi in termini di emissioni osmogene	la manutenzione
Ispessimento per flottazione (DAF)	• buone efficienze nel trattamento dei fanghi provenienti dai processi biologici	• sensibile alle basse temperature (possibilità di congelamento delle valvole di immissione dei getti d'aria) • rilascio di emissioni osmogene per strippaggio
Ispessimento mediante tamburo rotativo	• bassa richiesta di manutenzione, spazio e bassi consumi energetici	
Nastropressa	• elevate efficienze di disidratazione • semplicità di manutenzione	• limitazioni di tipo idraulico • molto sensibile alle caratteristiche del fango • vita media limitata rispetto alle altre tecniche di disidratazione
Filtropressa	• elevata efficienza di disidratazione e basso contenuto di solidi nel filtrato	• operazione batch • richiede particolari accorgimenti progettuali e personale specializzato • vita media limitata dei tessuti filtranti

F.7.2 Stabilizzazione e condizionamento

Le operazioni di stabilizzazione e condizionamento di un fango sono finalizzate ad eliminare, o quantomeno a ridurre, il contenuto di composti osmogeni e biodegradabili, con particolare riferimento a quelli facilmente putrescibili, nonché a limitare la presenza di microrganismi patogeni ed il contenuto di acqua. Le tecniche comunemente adottate, per conseguire i suddetti obiettivi, sono, come già precedentemente menzionato: la stabilizzazone ed il condizionamento chimico (ad esempio, mediante l'utilizzo di calce), la stabilizzazione ed il condizionamento termico, la digestione aerobica ed anaerobica.

Dati operativi

Le modalità operative delle diverse tecniche sono:

- stabilizzazione chimica: viene addizionata calce, o come pretrattamento o come post trattamento rispetto alle operazioni di disidratazione, al fine di portare il pH a valori superiori a 12 ed eliminare, in tal modo, gli organismi patogeni contenuti nei fanghi
- stabilizzazione termica: il fango, posto in un apposito reattore, viene portato a condizioni di temperatura e pressione rispettivamente superiori a 260 °C ed a 2,8 MPa, per un periodo approssimativamente pari a 30 minuti; la stabilizzazione termica viene anche utilizzata come tecnica di condizionamento dei fanghi
- digestione aerobica: il fango viene posto in un apposito reattore, simile a quello comunemente adottato nel processo biologico a fanghi attivi utilizzato per la depurazione delle acque reflue, in presenza di aria o ossigeno puro e di una adeguata agitazione. Il trattamento consente di pervenire a riduzioni del contenuto di fanghi intorno al 75-80%.
  Parametri caratteristici della digestione aerobica a freddo e termofila sono:

parametro	A freddo	Termofila
T di esercizio (°C)	10-20	40-50

parametro	A freddo	Termofila
Tempo di residenza dei fanghi:		
- fanghi attivi (giorni)	10-15	5-8
- fanghi misti primari + attivi (giorni)	15-20	8-15
- fanghi attivi prodotti da impianti privi di sedimentazione primaria (giorni)	12-18	4-6
SV (kg/m^{3}giorno)	1,5-3	3-6
Richiesta di ossigeno (kg/kgSV)	1,5-2,3	1,5

Fonte: "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" – ANPA/Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ANPA 1/2001

- digestione anaerobica: viene condotta in un reattore completamente privo di ossigeno in condizioni di temperatura mesofiliche (30-38 °C) o termofiliche (49-57 °C) e porta alla produzione di una miscela gassosa contenente metano ed anidride carbonica, in percentuali rispettivamente, pari al 60-65% e 30-35%, e piccoli quantitativi di altri gas quali N_2, H_2, H_2S, ecc.. Il potere calorifico del gas è pari a circa 22 MJ/Nm^3. I principali parametri relativi alla digestione anaerobica ad alto carico sono:

Parametro	Valore caratteristico
Tempo di permanenza (giorni)	20
Carico di SV (kgSV/m^{3}giorno)	1-5
Caratteristiche biogas	60-65% CH_4, 30-35% CO_2, tracce di H_2 e H_2S
Potere calorifico del biogas (kcal/Nm^3)	5.000-5.500
Produzione biogas (Nm^3/kgSV rimossi)	0,75-1,1
Abbattimento SV (%SV)	40-45

Fonte: "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" – ANPA/Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ANPA 1/2001

Ai fini della stabilizzazione del fango può essere, inoltre, prevista una combinazione del trattamento aerobico con quello anaerobico.
Le tecniche di condizionamento prevedono, invece:

- condizionamento chimico: utilizzo, ad esempio, di calce, cloruro di ferro (III), polimeri organici (coagulanti e flocculanti)
- condizionamento termico: il fango viene portato ad una pressione di 1-2,5 MPa e ad una temperatura di 60-80 °C (condizionamento termico a bassa temperatura) o di 180-230 °C (condizionamento termico ad alta temperatura).

Va, infine, rilevata la possibilità di avviare i fanghi derivanti dai processi di depurazione al compostaggio, purchè tali fanghi rispettino, ovviamente, determinati requisiti qualitativi (ad es., contenuto di metalli pesanti).

<u>Vantaggi e svantaggi</u>
I principali vantaggi e svantaggi dei processi di stabilizzazione e condizionamento dei fanghi sono:

Tecnica	Vantaggi	Svantaggi
Stabilizzazione e condizionamento chimico	• tecnica di trattamento standardizzata che non richiede particolari accorgimenti tecnologici • metodo efficace per favorire le successive operazioni di filtrazione e per abbattere il contenuto di organismi patogeni e di composti osmogeni	• incremento consistente del contenuto di solidi (ad esclusione del condizionamento mediante polimeri)

Tecnica	Vantaggi	Svantaggi
Stabilizzazione e condizionamento termico	• richiesta di spazio limitata • consente di pervenire all'eliminazione dei batteri e alla disidratazione del fango senza utilizzare additivi chimici • applicabile a fanghi biologici difficilmente stabilizzabili o condizionabili per altre vie	• costi di investimento superiori rispetto alle altre tecniche • elevati consumi di energia • rilascio di composti osmogeni
Digestione aerobica	• elevate riduzioni dei solidi volatili (paragonabile a quelle conseguibili con la digestione anaerobica) • produzione di un materiale privo di odori, simile all'humus, e stabile • operazione di trattamento relativamente semplice • minori costi di investimento rispetto al trattamento anaerobico	• costi energetici elevati per l'agitazione ed il rifornimento di aria o ossigeno • il fango digerito presenta basse proprietà meccaniche di disidratazione • processo influenzato dalle condizioni ambientali (ad es., temperatura, materiale di costituzione del reattore, ecc.)
Digestione anaerobica	• possibilità di utilizzo del biogas prodotto dal processo • non necessita, in genere, di additivi chimici • elevati tempi di permanenza e buone mineralizzazioni del fango	• elevate richieste di spazio

F.7.3 Ossidazione termica

Le tecniche comunemente utilizzate per l'ossidazione termica (incenerimento) dei fanghi sono:

- incenerimento su letto fluidizzato: il combustore a letto fluido è costituito da una camera di combustione all'interno della quale viene mantenuto un certo quantitativo di materiale inerte (il "letto"), di solito sabbia, tenuto in sospensione ("fluido") da una corrente ascendente di aria (che funge anche da comburente), immessa attraverso una griglia di distribuzione posta sul fondo. Il movimento del letto di sabbia garantisce un buon contatto comburente-combustibile, oltre a una notevole uniformità di temperatura e di miscelazione, che contribuiscono a garantire una combustione costante e completa. L'aria viene immessa ad una pressione di circa 20-35 kPa, mentre la temperatura del letto è mantenuta tra i 760 e gli 820 °C [Fonte: "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector"]
- incenerimento a tamburo rotante: è costituito da una camera cilindrica leggermente inclinata (in genere 1-3 %) che ruota lentamente attorno al proprio asse. La combustione del letto di rifiuti avviene direttamente a contatto con la parete del forno, nella maggior parte dei casi rivestita di materiale refrattario; l'alimentazione del materiale avviene tramite opportune testate, collocate in corrispondenza di una estremità del forno, mentre lo scarico delle scorie e dei residui avviene all'estremità opposta
- ossidazione ad umido (wet air oxidation): il trattamento consiste, come già riportato in dettaglio nel capitolo D, paragrafo D.2.2.7, nell'ossidazione in fase acquosa di sostanze disciolte o in sospensione; le temperature variano da 175° C a 325° C e le pressioni variano di conseguenza

da 20 bar a 200 bar in modo tale da avere sempre una fase liquida, limitare l'evaporazione dell'acqua ed avere una sufficiente pressione parziale di ossigeno

- ossidazione in reattore a pozzo profondo: il fango pompabile viene fatto passare, a pressione e temperatura controllate, in un tubo sospeso in un apposito pozzo. L'ossigeno o l'aria sono iniettati nella corrente di fango, ad una temperatura di circa 290 °C e ad una pressione compresa tra i 10 ed i 14 MPa. L'ossidazione in reattore a pozzo profondo può essere considerata come una applicazione particolare della wet air oxidation
- incenerimento in miscela con altri rifiuti: presenta il vantaggio di ridurre i costi consentendo il trattamento dei fanghi e degli altri rifiuti nel medesimo impianto; in tal modo può essere sfruttato il calore prodotto dalla combustione dei rifiuti per l'evaporazione dell'acqua contenuta nei fanghi.

Vantaggi e svantaggi

I principali vantaggi e svantaggi dell'ossidazione termica dei fanghi sono:

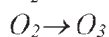
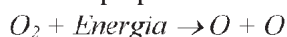
Tecnica	Vantaggi	Svantaggi
Incenerimento su letto fluidizzato	• efficiente rimozione della sostanza organica • basso contenuto di incombusti nelle scorie (0,2-0,3 %) • unità compatte (maggiori carichi termici specifici applicabili) • ridotti tempi di avviamento e possibilità di funzionare anche in discontinuo • ridotto numero di parti meccaniche in movimento • possibilità di operare con ridotti eccessi d'aria, con conseguente migliore rendimento di recupero e minori dimensioni dei sistemi di depurazione dei fumi • parziale rimozione di gas acidi in fase di combustione, tramite l'iniezione di reagenti alcalini	• richiede personale qualificato • richiede spesso l'aggiunta di combustibile ausiliario • emissioni gassose ed osmogene
Incenerimento a tamburo rotante	• possibilità di trattare rifiuti in qualsiasi stato fisico (solidi, liquidi, pastosi), anche in combinazione tra loro • scarsa sensibilità al variare di composizione, umidità e pezzatura dell'alimentazione • semplicità di costruzione ed elevata affidabilità di funzionamento	• presenza di parti in movimento, con problemi di tenuta ed usura • incompleta ossidazione dei fumi nella camera primaria, necessita di camera di post-combustione • eccessi d'aria elevati • consumo di refrattario piuttosto rapido • ridotte efficienze di recupero energetico
Wet air oxidation	• il processo può essere autosufficiente e può, talvolta, consentire il recupero di energia	• richiede personale qualificato • possibili emissioni in atmosfera di composti organici volatili e di ammoniaca • fenomeni corrosivi e di stress meccanico impongono l'utilizzo di

Tecnica	Vantaggi	Svantaggi
		particolari materiali di costruzione che risultano, generalmente, costosi
Reattore a pozzo profondo	• richiesta di spazio limitata • elevate efficienze di rimozione dei solidi sospesi e dei composti organici • processo totalmente esotermico • ridotte emissioni di odori e di gas	• richiede personale qualificato
Incenerimento in miscela con altri rifiuti	• il calore necessario per l'evaporazione dell'acqua contenuta nei fanghi è fornito totalmente dalla combustione degli altri rifiuti e non è, pertanto, richiesta l'aggiunta di combustibili ausiliari	• può generare elevate emissioni di diossine e furani e di metalli pesanti nel caso in cui le condizioni di combustione e le tecniche di abbattimento delle emissioni gassose non siano adatte alla specifica miscela.

F.8 Ossidazione chimica con ozono

L'ozono è un potente agente ossidante che ha il pregio di non formare prodotti indesiderati. Il principale motivo di interesse nei confronti di tale reagente consiste nella rapida ed energica azione ossidante nei confronti di numerosi composti organici e inorganici (COD, tensioattivi, colore, fenoli, idrocarburi, ecc.), nonché microorganismi.
I numerosi vantaggi associati all'impiego dell'ozono sono:

- elevato potere ossidante e disinfettante;
- completa mineralizzazione di alcuni inquinanti;
- possibilità di recupero dell'ossigeno in altre fasi di trattamento;
- miglioramento delle caratteristiche di biodegradabilità del rifiuto liquido.

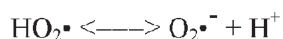
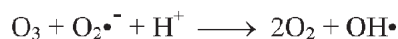
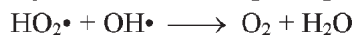
La sua preparazione avviene mediante scariche elettriche:
$O_2 + Energia \rightarrow O + O$
$O_2 \rightarrow O_3$

In pratica si tratta di far passare aria (e ossigeno) opportunamente essiccata attraverso le armature di un condensatore, ottenendo aria ozonizzata, che viene fatta gorgogliare nel rifiuto liquido da trattare.
L'ozono agisce chimicamente essenzialmente per due vie principali:

- un'azione diretta dell'ozono molecolare che ossida i composti (M) prsenti nel rifiuto liquido;
- un'azione indiretta risultante dall'attacco da parte di radicali $OH\bullet$ e $HO_2\bullet$ fortemente reattivi, formatisi per decomposizione dell'ozono in acqua.

La decomposizione in acqua dell'ozono può essere rappresentata con le seguenti reazioni fondamentali :

⇒ iniziazione $O_3 + OH^- \longrightarrow HO_2\bullet + O_2\bullet^-$
$HO_2\bullet \longleftrightarrow O_2\bullet^- + H^+$

⇒ propagazione $O_3 + O_2\bullet^- + H^+ \longrightarrow 2O_2 + OH\bullet$
$O_3 + OH\bullet \longrightarrow HO_2\bullet + O_2$

⇒ terminazione $HO_2\bullet + OH\bullet \longrightarrow O_2 + H_2O$

Il processo a catena risulta limitato dalla velocità della prima reazione di iniziazione che è generalmente più bassa rispetto alle altre. Di conseguenza il pH diventa un parametro fondamentale ai fini della velocità di decomposizione: infatti quanto più il pH è elevato, tanto più l'equilibrio della prima reazione di iniziazione è spostato verso destra.
La decomposizione dell'ozono in acqua può essere influenzata anche dalla presenza di sostanze disciolte; tra queste giocano un ruolo fondamentale i bicarbonati (HCO_3^-) ed i carbonati (CO_3^{2-}), la cui presenza inibisce la decomposizione stessa sottraendo alla catena i radicali OH•.
La reazione di ossidazione di un composto disciolto (M) in acqua da parte dell'ozono può avvenire o per via diretta, con l'ozono solubilizzato, o per via indiretta, mediante una serie di reazioni radicaliche a catena (reazioni indirette). Tra i radicali coinvolti, OH• è a sua volta in grado di ossidare la molecola M e/o reagire con altre sostanze disciolte in competizione con M.
La cinetica di ossidazione diretta, è descritta da una cinetica del primo ordine sia rispetto all'ozono che rispetto alla sostanza.
L'ossidazione indiretta consiste nell'attacco della sostanza M da parte di radicali formati per decomposizione dell'ozono in acqua (il più reattivo è senza dubbio OH•).
Una delle differenze principali tra l'ossidazione diretta e quella indiretta è che l'ozono molecolare è un ossidante molto selettivo, al contrario di quanto avviene per il radicale OH•.
Quando si desidera ossidare un composto organico particolarmente refrattario all'ossidazione diretta è conveniente aumentare la concentrazione di radicali OH• in soluzione per potenziare i meccanismi di ossidazione indiretta. Per ottenere ciò, oltre a ridurre il più possibile la concentrazione di inibitori, si deve incrementare la decomposizione dell'ozono in acqua rispetto a quanto avverrebbe spontaneamente. A tal fine si possono utilizzare le seguenti tecniche: dosaggio di perossido di idrogeno, fotolisi con radiazioni UV, innalzamento del pH.
L'esposizione ai raggi ultravioletti incrementa l'efficienza del processo e consente la rimozione di composti organici clorurati e pesticidi (come fenoli clorurati, pentaclorofenolo, dicloruro di etile, cloruro di metile, PCB, Kepone, Aldrin, Dieldrin, Endrin, DDT) molti dei quali non reagiscono col solo ozono.
In rifiuti liquidi contenenti molte varietà di composti organici, è possibile che determinate reazioni non abbiano luogo, per cui risulta vantaggioso l'utilizzo combinato di perossido di idrogeno, ozono e raggi UV così da avere a disposizione un più ampio spettro di reazioni possibili.

Dati operativi

Alcuni fattori da considerare nelle applicazioni con ozono sono:
- l'instabilità, che ne rende necessaria la produzione in situ
- la scarsa solubilità, che rende necessari adeguati sistemi di miscelazione
- la tossicità per l'uomo, che richiede adeguati sistemi di captazione e distruzione dell'ozono residuo.

Ne deriva che le fasi principali del trattamento di ossidazione con ozono sono:
- produzione di ozono
- contatto e miscelazione
- distruzione dell'ozono residuo.

La corrente di ossigeno, prodotta nel generatore di ozono, deve essere inviata al sistema di contatto/miscelazione con il rifiuto liquido da trattare, detto normalmente reattore di ossidazione. Qui avvengono le reazioni chimiche con tempi di contatto differenti a seconda delle sostanze da rimuovere. I reattori di ossidazione sono generalmente costituiti da colonne in acciaio o vasche chiuse in calcestruzzo.
Il gas ozono viene iniettato nella parte inferiore del bacino di contatto, in controcorrente all'acqua proveniente dall'alto. La miscelazione dell'ozono con l'acqua rappresenta l'operazone di maggiore importanza al fine di garantire adeguate rese di depurazione. Normalmente la miscelazione è

condotta mediante diffusori porosi a microbolle posti alla base delle colonne/vasche di contatto. Inoltre, per avere una buona miscelazione, la colonna d'acqua deve avere altezza di almeno 4 m.
La corrente esausta può contenere ancora alcune tracce di ozono che vengono conferite ad un apposito apparecchio, comunemente detto distruttore di ozono residuo. Il distruttore può essere termico o termico/catalitico; nel primo caso la distruzione avviene esclusivamente per effetto termico ad una temperatura di circa 300 °C, nel secondo caso si utilizzano catalizzatori che abbattono l'ozono già a basse temperature.
Complessivamente, un impianto di ozonizzazione da ossigeno risulta costituito da: generatore di ozono, sistema di contatto ozono/rifiuto liquido, distruttore di ozono.

Campo di applicazione
Le principali finalità dell'utilizzo di ozono nei trattamenti dei rifiuti liquidi sono:

- rimozione di molecole organiche: l'ozono risulta particolarmente efficace nei confronti di molecole organiche complesse con doppi legami (coloranti, tensioattivi e sostanze organiche biorefrattarie) per la capacità di tale ossidante di spezzare i doppi legami. Inoltre, quando il trattamento è seguito da una fase biologica, si ha la formazione di molecole più semplici e più facilmente degradabili. In fase acquosa ed in particolare in presenza di acqua ossigenata si formano radicali ossidrili OH• particolarmente reattivi nei confronti di composti con legame C-H forte;
- rimozione di colore: il colore è dovuto ad organocomposti con doppi legami coniugati chiamati gruppi cromofori. L'ozono è particolarmente reattivo verso molecole con gruppi insaturi; esso, infatti, distrugge il doppio legame C=C e il colore, dopo la rottura del gruppo cromoforo, normalmente scompare. Il problema del colore nelle acque di scarico riguarda soprattutto i reflui dell'industria tessile, ecc.. La rimozione del colore, che non può avvenire per via biologica data la scarsa biodegradabilità dei coloranti utilizzati, può avvenire o con trattamenti di coagulazione/flocculazione oppure con ossidazione con ozono. Il primo trattamento, poco costoso, ha comunque il limite di offrire rese medio-basse e di produrre dei fanghi mentre con l'ozono si ha una degradazione completa. Di solito nell'industria tessile (e affini) la rimozione del colore con ozono viene effettuata sull'effluente in uscita dall'impianto di depurazione, con rimozione che arriva al 90-100%;
- rimozione dei tensioattivi: i tensioattivi sono molecole organiche complesse con funzione detergente, poco biodegradabili (soprattutto quelli non ionici). La rimozione di tali composti dopo il trattamento biologico e l'ossidazione finale con ozono può essere pressoché completa, con rese prossime al 98-99%. La concentrazione di tensioattivo generalmente derivante da un'industria tessile è di 30-80 mg/l;
- trattamento di specifiche tipologie di rifiuti liquidi: alcune specifiche categorie di rifiuti liquidi (industria fotografica, farmaceutica, percolati di discarica) risultano difficilmente trattabili con il normale processo biologico, che invece potrebbe risultare più idoneo dopo l'ossidazione con ozono, grazie all'aumento di biodegradabilità della sostanza organica.

Per produrre 1 kg di ozono servono mediamente 10 kWh e 10 kg di ossigeno puro.
Le concentrazioni delle sostanze inquinanti, nei rifiuti liquidi da trattare, non possono superare di molto i 500-800 mg/l espressi come COD, al fine di evitare costi specifici troppo elevati.

F.9 Trattamento dei percolati di discarica

Le caratteristiche di un percolato da discarica possono variare entro ampi range in funzione dei parametri chimici, fisici e ambientali; in particolare assumono un ruolo determinante: la natura del rifiuto, il grado di decomposizione dei materiali depositati, le caratteristiche del terreno di copertura, le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua percolante e le condizioni metereologiche della zona.

In molti casi il percolato di discarica presenta caratteristiche che non ne consentono l'avvio diretto ad un trattamento di tipo biologico; in tali casi si rende, pertanto, necessario effettuare una o più operazioni di pretrattamento finalizzate ad incrementarne la biodegradabilità.

Dati operativi, campo di applicazione e principali vantaggi e svantaggi

I volumi di percolato e le sue caratteristiche qualitative sono fortemente influenzati dall'età della discarica e dalle variazioni meteoclimatiche della zona. L'impianto di trattamento dovrà essere, pertanto, strutturato in maniera flessibile affinchè sia garantita la possibilità di trattare volumi variabili di rifiuto contraddistinti, nel contempo, da caratteristiche chimico-fisiche variegate.
Il trattamento del percolato in impianti di depurazione biologica di acque reflue presenta una serie di limitazioni. In primo luogo va evidenziata la scarsa capacità di adattamento del depuratore biologico alle variazioni qualitative del percolato nel corso del tempo.
In generale, i principali fattori di criticità connessi alla depurazione biologica del percolato, possono essere così riassunti:

- bassi valori di BOD (nel caso di percolati vecchi);
- elevata concentrazione di azoto organico ed ammoniacale;
- contenuto quasi nullo di fosforo;
- elevate concentrazioni saline;
- presenza, talvolta marcata, di metalli pesanti e di idrocarburi alogenati, tale da inibire il corretto svolgimento dei processi metabolici della flora batterica;
- tendenza, in determinati periodi dell'anno, alla produzione di schiume.

L'adozione di tecniche di pre-trattamento chimico-fisico, come, ad esempio, l'ossidazione chimica, la neutralizzazione, la chiariflocculazione, possono, senza dubbio, incrementare la biodegradabilità del percolato. Ciò diventa particolarmente rilevante nel caso in cui l'impianto tratti percolati vecchi, ovvero provenienti da discariche in fase operativa avanzata o in fase post operativa. In linea di principio i processi di tipo biologico possono essere ritenuti direttamente applicabili solo nel trattamento di percolati giovani, non caratterizzati da contenuti significativi di sostanze tossiche o inibenti la flora batterica. Senza dubbio il trattamento biologico diretto non può essere applicato a percolati contraddistinti da elevate concentrazioni di cloruri.
Un esempio di schema impiantistico per il trattamento di un percolato di discarica non idoneo al trattamento biologico diretto è riportato in figura F.3.

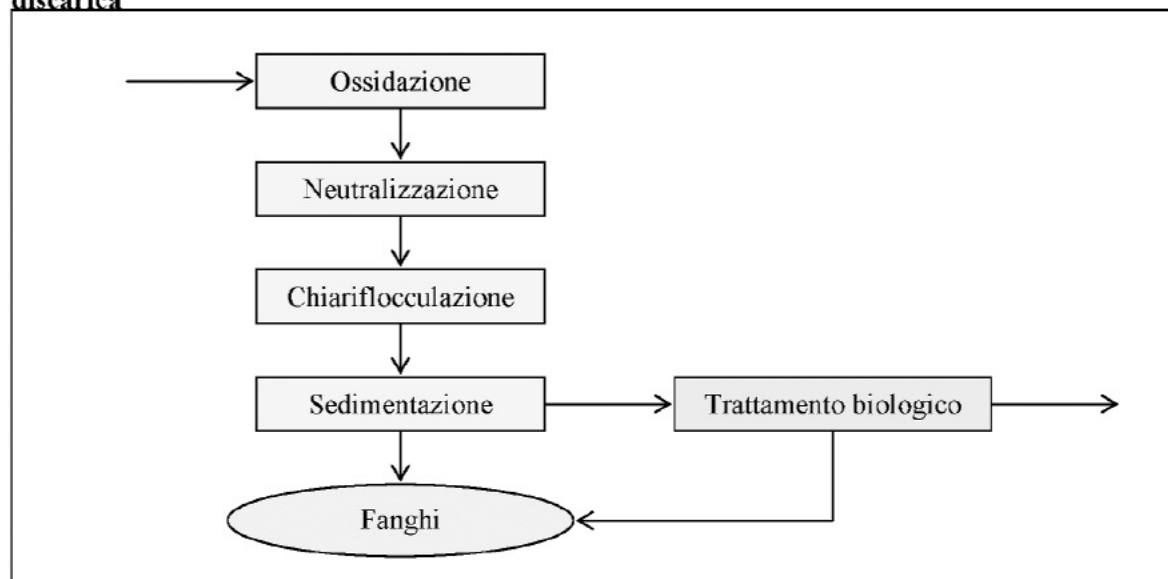
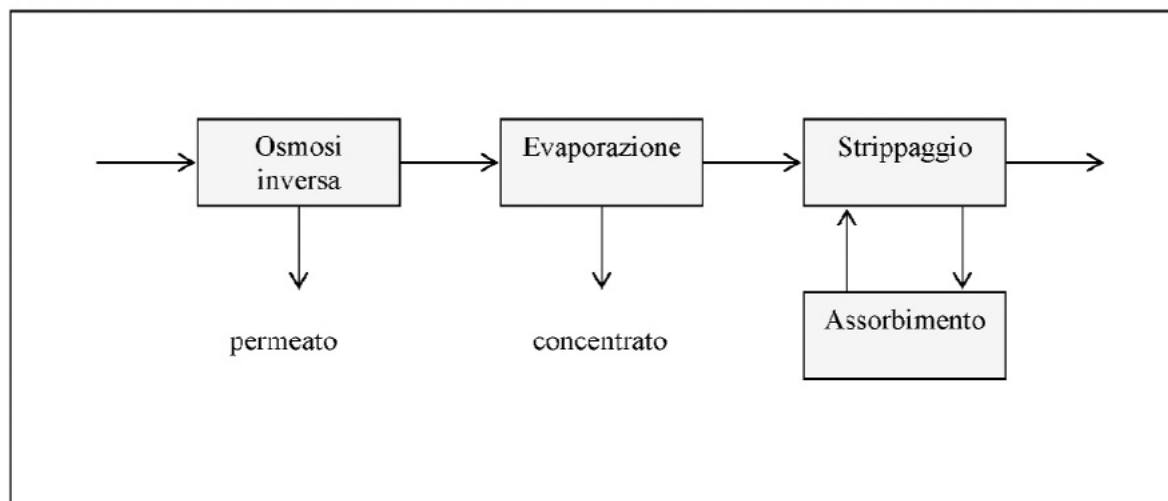
Figura F.3 - Schema di trattamento integrato chimico-fisico e biologico del percolato di discarica

Va rilevato che il percolato si caratterizza spesso per un certa salinità che può essere rimossa o, comunque, ridotta mediante l'applicazione di ulteriori operazioni unitarie, oltre a quelle indicate nello schema; tra queste si cita, ad esempio, l'osmosi inversa (si veda anche capitolo D, paragrafo D.2.2.1).
Tale tecnica consente, in generale, di rimuovere numerosi composti solubili non biodegradabili, caratterizzandosi per una estrema flessibilità di utilizzo (sistemi modulari) e per un'elevata efficienza di separazione. Essa risulta, pertanto, applicabile a diverse tipologie di percolato. Un ulteriore vantaggio è legato alla possibilità di effettuare il trattamento in maniera totalmente automatizzata.
L'osmosi inversa può essere combinata con un successivo trattamento di evaporazione (si veda capitolo D, paragrafo D.2.2.11) volto ad incrementare il più possibile il rapporto di concentrazione (il volume del concentrato derivante dall'osmosi inversa è, infatti, generalmente troppo elevato).
Un parametro che richiede un'attenta valutazione nella fase di evaporazione è rappresentato dal pH.
Il percolato si caratterizza, infatti, per una certa presenza di acidi grassi volatili (VFA) ed ammoniaca che tendono a volatilizzare a differenti valori di acidità. In particolare, l'ammoniaca si concentra nel distillato a valori alcalini mentre gli acidi organici a valori bassi di pH.
La scelta di condurre l'evaporazione in ambiente acido o basico dipenderà dalle caratteristiche specifiche del percolato; percolati vecchi sono più ricchi in ammoniaca e presentano basse concentrazioni di acidi grassi volatili mentre percolati giovani tendono ad essere maggiormente ricchi in VFA.
A valle dell'evaporazione, sulla corrente del condensato, può essere inserita, qualora la concentrazione di ammoniaca risulti eccessivamente elevata, una fase di strippaggio/assorbimento (si veda capitolo D, paragrafo D.2.2.9).
L'insieme dei trattamenti di osmosi inversa, evaporazione, strippaggio e assorbimento, opportunamente combinati ed eventualmente integrati con ulteriori trattamenti, può rappresentare un valido schema di trattamento di tipo chimico-fisico del percolato di discarica (Figura F.4).

Figura F.4 - Schema di trattamento chimico-fisico del percolato di discarica

G) IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DI TALI TECNICHE

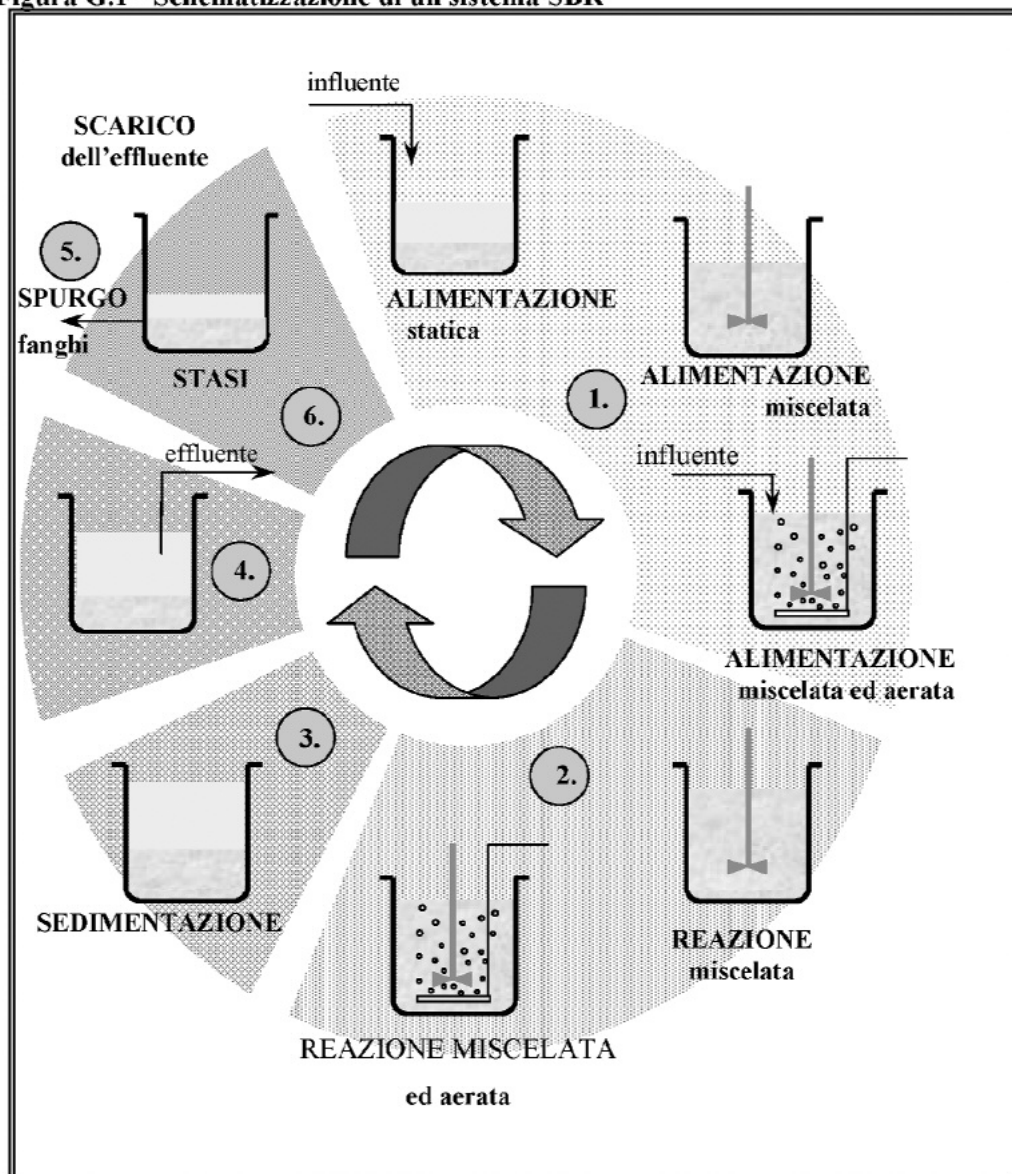
G.1 Reattori biologici sequenziali (SBR Sequencing Batch Reactors)

Descrizione del processo[2]
I reattori discontinui sequenziali (SBR: *Sequencing Batch Reactor*) hanno incontrato negli anni più recenti sempre maggior favore nell'applicazione al trattamento biologico delle acque di scarico. Essi operano con colture miste in fase sospesa o adesa su supporti di varia natura e possono essere progettati per realizzare la degradazione di composti bioresistenti, la nitrificazione, la denitrificazione, la rimozione del fosforo organico.
Rispetto agli impianti convenzionali a fanghi attivi, in cui la sequenza delle operazioni si sviluppa nello spazio, l'SBR è un sistema ad orientazione temporale ossia con fasi che si succedono nel tempo e pertanto opera in stato non stazionario, il che comporta una serie di vantaggi nel trattamento delle acque di scarico, che vengono illustrati nel seguito.
Nella sua forma base, un sistema SBR consiste di uno o più unità ciascuna delle quali dopo la fase iniziale di riempimento, opera come un reattore discontinuo.
Il tempo totale di processo è il parametro di base per il dimensionamento di un sistema SBR così come lo è il volume di un sistema tradizionale che opera in sequenza spaziale. La frazione di tempo che compete ad una specifica fase dell'SBR equivale al volume della corrispondente vasca di un sistema convenzionale. Pertanto, il tempo che spetta ad esempio alla aerazione o alla sedimentazione può essere ridistribuito facilmente modificando opportunamente la distribuzione dei tempi mentre in un sistema convenzionale a fanghi attivi con flusso continuo, i volumi dei vari recipienti sono fissati e non possono essere divisi o ridistribuiti così facilmente come in un SBR.
Un sistema di trattamento SBR può essere progettato usando un singolo reattore o più reattori in parallelo.

Il ciclo tipico di ogni unità in un SBR è suddiviso nelle sei fasi in sequenza temporale come mostrato in figura G.1: alimentazione, reazione, sedimentazione, scarico dell'effluente, spurgo dei fanghi, stasi .
Diverse condizioni possono essere indotte durante ciascuna fase in funzione dei requisiti del particolare obiettivo del trattamento.

Fase di alimentazione
Nella fase di carico il refluo industriale viene alimentato nel reattore. Tale fase può essere statica, agitata o aerata, in funzione delle finalità del trattamento.
Durante l'alimentazione, l'influente è addizionato alla biomassa sedimentata e al volume residuo di effluente del ciclo precedente. Il volume di liquido cresce dal livello iniziale, fino ad un massimo del 100% del volume utile.
Il volume iniziale è stabilito in base ad una serie di fattori quali il carico desiderato, il tempo di residenza e le caratteristiche di sedimentabilità dei fanghi.
Il tempo di alimentazione dipende dal volume di ogni unità, dal numero di unità in parallelo e dall'ampiezza delle variazioni giornaliere della portata dell'acqua di scarico.

[2] Relazione tecnica Ramadori-Tomei, 2002, IRSA-CNR

Figura G.1 - Schematizzazione di un sistema SBR

Fase di reazione

Le reazioni iniziate durante il periodo di alimentazione sono completate nella fase di reazione. Come nell'alimentazione, è possibile alternare condizioni di concentrazioni ridotte di O_2 disciolto (reazione miscelata senza aerazione) a concentrazioni elevate (reazione miscelata ed aerata).
Nelle applicazioni industriali, il tempo di reazione può variare da un minimo di zero ad un massimo del 50% del tempo totale del ciclo (Irvine e Ketchum, 1989).

Fase di sedimentazione

In un SBR la separazione dei solidi avviene in completa quiete in quanto non si hanno né correnti influenti né effluenti. Pertanto la fase di sedimentazione avviene a velocità ascensionale nulla e ciò garantisce un'elevata efficienza di separazione. Inoltre, siccome tutta la biomassa rimane nel reattore non occorre effettuare il riciclo dei fanghi, che è invece necessario in un sistema convenzionale.

Il tempo di sedimentazione varia normalmente tra 0.5 h e 1.5 h. Tempi di sedimentazione troppo lunghi possono causare l'affioramento in superficie dello strato di biomassa sedimentata (dovuto a processi di denitrificazione con produzione di azoto gassoso) la quale verrebbe in parte persa durante la successiva fase di scarico dell'effluente.

Fase di scarico dell'effluente
Alla fine della sedimentazione, il chiarificato viene scaricato dal sistema.
Il tempo di scarico può variare dal 5 al 30% del tempo totale del ciclo e generalmente non può essere aumentato oltre questo valore per i problemi di risalita dei fanghi di cui si è parlato a proposito del tempo di sedimentazione.

Fase di spurgo dei fanghi
Lo spurgo dei fanghi è un'operazione di primaria importanza in quanto consente di controllare l'età dei fanghi, parametro fondamentale nella progettazione e nella gestione del sistema SBR, che può essere realizzata a fine reazione, in condizioni di completa miscelazione oppure, sul fango sedimentato
Tale fase, richiede un tempo trascurabile rispetto ai tempi in gioco per le altre fasi.

Fase di stasi
Dopo la fase di scarico, il reattore è pronto per ricevere altra acqua da trattare. Il periodo tra lo scarico e l'alimentazione del ciclo successivo è denominato stasi o fase inattiva.
La fase di stasi si basa sulla necessità di equalizzare il flusso e sull'incertezza delle fluttuazioni di portata. Essa può essere completamente eliminata per quei sistemi in cui le fluttuazioni sono ben definite.

I vantaggi del sistema SBR
I vantaggi offerti dai reattori sequenziali sono:

- la natura batch di tali reattori, indipendentemente dalle dimensioni e dal tipo di refluo trattato, consente alla vasca di reazione stessa di fungere da bacino di equalizzazione evitando in tal maniera picchi di concentrazione e/o di portata che potrebbero inficiare la qualità dell'effluente.
- Per la stessa ragione, gli SBR non presentano problemi di vie preferenziali (short circuiting) e la fase di sedimentazione avviene a velocità ascensionale nulla garantendo un'ottima efficienza di separazione. A tale proposito, va sottolineato che la durata della fase di sedimentazione può essere variata in funzione delle caratteristiche di sedimentabilità del fango attivo e che, poiché la superficie di sedimentazione è pari alla superficie dell'intero reattore, normalmente il carico di solidi per unità di superficie è estremamente ridotto.
- Notevole flessibilità di funzionamento si riscontra anche nella fase di reazione che può essere modificata semplicemente variando i tempi di durata e le modalità di conduzione. Essa può essere infatti condotta in ambienti differenti (in termini di mescolamento e aerazione), consentendo la rimozione del carbonio organico, nutrienti ed inquinanti persistenti.
- Un altro vantaggio è rappresentato dall'assenza di pompe per il riciclo dei fanghi, essendo questi ultimi sempre presenti nel reattore a differenza di ciò che accade nei sistemi continui in cui il ricircolo coinvolge portate confrontabili con quelle di alimentazione.

A livello pratico, può essere realizzato un gran numero di strategie operative per manipolare la velocità di crescita differenziale, la selezione e la formazione di biofiocchi per cui, in conclusione, si può affermare che il principale vantaggio dei reattori SBR risulta essere proprio la flessibilità operativa, che consente un rapido adattamento alle più varie esigenze di conduzione.

Benefici ambientali

Un sistema SBR viene usualmente impiegato per realizzare la degradazione del carbonio organico (anche di composti biorestenti), la nitrificazione, la denitrificazione, la rimozione del fosforo organico.

La sua capacità di rimozione di sostanze organiche bioresistenti lo rende particolarmente indicato nel trattamento dei reflui di natura industriale, rispetto ai tradizionali processi stazionari a fanghi attivi.

Dati operativi

Il *sequencing batch reactor* (SBR) appartiene alla categoria dei sistemi non stazionari controllati a funzionamento periodico e, grazie alla possibilità di imporre una vasta gamma di condizioni e strategie operative, rappresenta, nell'ambito dei processi biologici, uno strumento assai versatile per l'arricchimento della biocenosi di ampie varietà di microrganismi e per l'induzione di percorsi metabolici necessari per la rimozione biologica di nutrienti ed inquinanti persistenti dalle acque di scarico.

La tecnologia SBR si basa su un funzionamento ciclico a partire dalla fase di carico e concludendo con lo scarico dell'effluente e dei fanghi. In questo modo, i microrganismi sono sottoposti a variazioni controllate e regolari delle condizioni di processo capaci di mitigare l'impatto delle irregolari e impreviste variazioni dell'influente.

L'ampiezza e la frequenza della periodicità del sistema possono essere regolate in base agli specifici risultati che si vogliono ottenere a lungo termine (ad es. la sedimentabilità dei fanghi, le frazioni delle popolazioni nitrificanti e denitrificanti, ecc.) controllando i parametri fondamentali che caratterizzano il funzionamento del processo a fanghi attivi di tecnologia SBR:

- *tempo di residenza idraulico*

  Un tempo di ritenzione idraulico di 12 ore viene normalmente impiegato laddove l'obiettivo del trattamento è far fronte alle sostanze organiche e limitare i solidi sospesi, mentre tempi di 18-24 o più ore si utilizzano in genere per la rimozione di sostanze particolarmente bioresistenti o per portate altamente variabili.

  Infatti una breve fase di alimentazione e un elevato rapporto di scambio volumetrico sono indicati per la rimozione del carbonio facilmente degradabile in quanto l'elevata concentrazione di substrato che si ha a fine alimentazione permette un'elevata velocità di crescita che facilita la selezione dei microrganismi con ottime qualità di sedimentazione (microrganismi fiocco-formatori).

  Per contro un tempo di alimentazione lungo può essere impiegato per quegli scarichi industriali che contengono concentrazioni elevate di substrato inibente. In questo modo si limita il raggiungimento dei livelli tossici di concentrazione di substrato.

- *concentrazione della biomassa*

  Tale parametro può essere espresso con riferimento sia ai solidi sospesi totali (MLSS o SS) che ai solidi sospesi volatili (VSS). Generalmente assume valori superiori ai 1000 mg/l di SS.

- *carico organico riferito alla biomassa o carico dei fanghi*

  L'intervallo di variabilità del carico dei fanghi è 0.2-1.5 gBOD/(gSS·d)

- *età dei fanghi*

  L'età dei fanghi (SRT) o tempo di residenza idraulico della biomassa è il parametro chiave per definire il sistema biologico richiesto per conseguire il particolare obiettivo del trattamento e in funzione di quest'ultimo assume valori che variano da 5-6 giorni a 30 o più.

- *efficienza di rimozione del substrato*

  $$\eta(\%) = \left(1 - \frac{S_e \cdot V_r}{S_i \cdot V_f}\right) \cdot 100$$

  dove S_i e S_e sono rispettivamente le concentrazioni di substrato nell'influente e nell'effluente.

  Sia per un SBR che per un impianto continuo, tale parametro è superiore al 80%.

- *rapporto di scambio volumetrico e durata del ciclo*
  Tali parametro consente di determinare la quantità di scarico da trattare in quanto rappresenta di fatto il tempo di ritenzione idraulico del sistema:
- *durata delle diverse fasi*
  La durata e la sequenza delle fasi sono stabilite in base all'obiettivo del trattamento e per garantire lo sviluppo, il controllo e il mantenimento della biomassa nel sistema.
- *numero e volume degli SBR*
  Per il trattamento di reflui di natura industriale vengono usualmente impiegati più impianti SBR in parallelo e il loro numero è determinato essenzialmente dall'entità delle portate influenti.
  L'utilizzo di una singola unità SBR è più frequente presso piattaforme polifunzionali e richiede l'esistenza di uno stoccaggio dell'influente a monte per poter regolare la portata dei reflui alimentati all'impianto secondo le fasi stabilite.

Campo di applicazione

Gli impianti SBR trovano impiego nel trattamento di una vasta gamma di acque industriali: praticamente tutti i reflui a matrice organica e in assenza di sostanze tossiche, in analogia a quanto già descritto per gli impianti continui a fanghi attivi.
Rispetto a quest'ultimi la tecnica SBR consente una maggiore rendimento nella rimozione di sostanze particolarmente recalcitranti e di largo impiego, quali ad esempio i tensioattivi non ionici.

Possibili effetti indesiderati

La tecnica SBR consente, come sopra visto, rendimenti di rimozione elevati rispetto ad altri sistemi soprattutto nei confronti di sostanze organiche bioresistenti.
Il processo depurativo impiegato richiede per contro professionalità e controlli di livello più accurato dei sistemi tradizionali, senza i quali l'efficienza di rimozione dell'impianto può raggiungere livelli insoddisfacenti, con conseguenti problemi di rispetto dei valori di norma richiesti allo scarico.

Trattamenti complementari

Generalmente il trattamento biologico delle acque industriali secondo la tecnica SBR è preceduto da un pretrattamento chimico-fisico di chiariflocculazione e precipitazione che ha lo scopo di rimuovere dai reflui le sostanze, i metalli pesanti in particolare, che possono esercitare un'attività biotossica o biostatica sulla biomassa dell'impianto, impedendone l'attività o rallentandone alcuni processi quali ad esempio la nitrificazione.

G.2 Bioreattori (MBR)

La tecnologia del bioreattore, in seguito denominata "MBR", è di recente sviluppo è rappresenta una delle tecnologie più interessanti attualmente applicabili. Il vantaggio di questa tecnologia è di rendere possibile un retrofit di un impianto esistente e di occupare molto meno spazio rispetto ai sistemi tradizionali nonché di poter essere utilizzata sia per il trattamento di acque reflue urbane che per il trattamento di quelle industriali. Il processo MBR usa membrane denominate "Low Pressure Microfiltration" in grado di rimuovere il materiale biodegradabile dale acque reflue.
Il sistema a fanghi attivi è principalmente costituito da un reattore biologico che viene ossigenato mediante un sistema a turbina o a microbolle: la massa di fango + acqua viene poi separata dall'acqua depurata tramite sedimentazione.
Un bioreattore a membrane "MBR" è un sistema biologico ad elevata concentrazione cellulare in cui la separazione viene effettuata mediante il passaggio della massa fango+acqua attraverso una membrana filtrante, per cui non è più la velocità di sedimentazione come in un sedimentatore tradizionale, che assicura l'efficienza del processo di depurazione: con l'impiego di membrane

ultrafiltranti si possono sfruttare i vantaggi del trattamento biologico senza preoccuparsi dell'efficienza del decantatore e quindi superando quello che era spesso uno dei fattori limitanti del processo nei tradizionali sistemi di depurazione.
Dall'impianto di ultrafiltrazione si ottiene così un refluo con un contenuto di SS inferiore a 2-5 mg/l.
Da un confronto tra il nuovo processo e la tradizionale tecnologia, è risultato che, a fronte di un aumento di energia elettrica consumata pari al 45% circa, si può ottenere una diminuzione del 28% circa dei costi di manutenzione e personale, nonché del 20% circa di quelli relativi allo smaltimento dei fanghi.

Dati operativi
Le membrane possono essere a fibra cava o piana. Lo sporcamento viene controllato mediante sistema di insufflazione di aria che garantisce, attraverso una maggiore turbolenza in prossimità delle fibre cave, di minimizzare il deposito di biomassa sulle fibre stesse.
Il permeato fluisce esternamente dall'interno delle membrane, aiutato anche da una pompa centrifuga di estrazione che crea una leggera depressione internamente (circa 10-15 kPa).
Il processo non richiede stadi di sedimentazione primaria né secondaria e nessun trattamento terziario o sterilizzazione mediante UV. Il permeato ha normalmente le seguenti caratteristiche in uscita all'impianto :

- BOD_5: 5 ppm max
- SS: 5 ppm max
- Ammoniaca: 5 ppm max.
- Sterilizzazione: non richiesta

Vantaggi
- Bassa sensibilità alle variazioni delle caratteristiche dell'influente
- controllo dell'età del fango.
- riduzione della produzione di fango.
- miglioramento della qualità dell'effluente.
- limitata richiesta di spazio.
- possibilità di riciclare l'effluente.
- modularità dei sistemi

G.3 Sistemi di arricchimento ossigeno

Nei sistemi di trattamento acque, la parte vitale dell'impianto è quella che riguarda la ossidazione del liquame: è lì che, in un ambiente ricco di ossigeno, si instaurano complessi fenomeni fisici, chimici e soprattutto biologici.
La stima del quantitativo di ossigeno che occorre fornire per l'efficiente sviluppo delle reazioni biologiche, è particolarmente importante, essendo il dato fondamentale per il dimensionamento delle apparecchiature di aerazione.
Come è noto la durata dell'aerazione in giorni, è correlata dalla domanda biochimica di ossigeno (DBO) che è a sua volta funzione del BOD_5. Per garantire il rifornimento di O_2, si devono, spesso, installare compressori di elevate dimensioni o, in alternativa, devono essere predisposti sistemi di stoccaggio di ossigeno puro con conseguenti problemi gestionali e di trasporto.
Al fine di ridurre i volumi dei compressori esistono sistemi a membrana che permettono di migliorare il rapporto ossigeno/aria trattata, sino a valori di elevata purezza.
La permeazione a membrana è un processo di separazione che involve il trasporto selettivo delle molecole di gas attraverso una superficie polimerica permeabile. Come la maggior parte dei

processi di separazione chimici che sono governati dai rapporti di equilibrio di fase, la separazione a membrana è basata principalmente sui rapporti relativi di trasferimento di massa.

Dati operativi

La tecnologia si basa sull'utilizzo di membrane permeabili che consentono di separare selettivamente i gas più "veloci" (l'ossigeno) da quelli più "lenti" (l'azoto). L'arricchimento dell'aria non viene effettuato mediante l'aggiunta di ossigeno puro, ma attraverso l'eliminazione dell'azoto in essa presente; la tecnica consente di pervenire a valori di purezza di ossigeno estremamente elevati, ma in questo caso gli impianti di produzione ossigeno arricchito, possono diventare non più economicamente validi nella filosofia di un impianto di trattamento di acque reflue e di rifiuti liquidi.

Il "filtro" è composto da numerose fibre a membrana, internamente cave e permeabili ai gas, racchiuso in un contenitore cilindrico. La maggiore trasferibilità dell'ossigeno rispetto all'azoto consente di separare i due gas. Il sistema è, inoltre, dotato di un filtro per l'eliminazione dei residui di idrocarburi e di eventuali contaminanti presenti nell'aria da "trasformare" ed, eventualmente, di una resistenza elettrica per il riscaldamento dell'aria ad una temperatura di 40°C, al fine di garantire un migliore rendimento delle fibre.

Il funzionamento del sistema presuppone la sua alimentazione con aria già filtrata proveniente dai compressori; l'aria entra nel sistema passando, dapprima, nel filtro di purificazione, successivamente, all'interno di un primo cilindro dove è sottoposta a riscaldamento mediante apposita resistenza elettrica ed, infine, in un secondo cilindro, in cui avviene l'arricchimento.

L'aria scorre all'interno delle fibre cave che compongono la membrana e, durante il tragitto (in genere dall'alto verso il basso) una parte di essa permea verso l'esterno. Poiché l'ossigeno presente nell'aria risulta maggiormente "trasferibile" rispetto all'azoto, all'esterno della membrana si raccoglie un'aria più ricca di O_2 e più povera di N_2.

All'estremità finale delle fibre l'aria più ricca di azoto viene espulsa all'esterno attraverso un foro d'uscita dove é installata una valvola di regolazione della velocità di flusso. L'aumento della velocità di flusso dell'aria si traduce in una maggiore percentuale di ossigeno nella miscela che fuoriesce dalla membrana, al contrario, una diminuzione della velocità determina una minore percentuale di ossigeno. Il livello di purezza può essere incrementato effettuando più passaggi del flusso gassoso sulle membrane.

Vantaggi

- possibilità di utilizzare i compressori già in dotazione
- buona durata di vita della membrana.
- si evitano i rischi tipicamente connessi ai sistemi di stoccaggio dell'ossigeno puro

G.4 Trattamento anaerobico del percolato di discariche di rifiuti urbani con reattori a biomassa adesa

I due processi anaerobici a biomassa adesa maggiormente utilizzati per il trattamento dei reflui e dei rifiuti liquidi sono i filtri anaerobici (a letto fisso) ed i processi a letto espanso. Qaesi sempre, tali trattamenti consentono di evitare una fase di sedimentazione a valle in virtù del ridotto apporto di solidi sospesi nell'influente e della bassa produzione di fango. Solitamente, richiedono, invece, il ricircolo di una certa aliquota dell'effluente, affinchè siano raggiunti i valori di portata richiesti per ottenere una certa diluizione dell'influente. La tecnica a biomassa adesa può essere efficacemente utilizzata per il trattamento dei percolati di discarica.

Dati operativi

Si elencano alcuni dei principali parametri che regolano e condizionano il funzionamento dei digestori anaerobici a biomassa adesa:

- i batteri metanigeni sono molto sensibili all'acidità, per cui si rende necessario un controllo analitico accurato del percolato stoccato, o in alternativa all'uscita del sistema di pretrattamento chimico-fisico, per una eventuale correzione di pH prima della sua alimentazione al digestore.
- il percolato viene alimentato dalla sommità del digestore e sparso sulla massa di riempimento. Per una maggiore resa depurativa, dopo avere attraversato la massa di riempimento, il percolato viene prelevato dal fondo e, mediante pompe di ricircolo, ricircolato dopo termoregolazione in testa al reattore con l'alimentazione.
- il biogas in uscita dalla sommità dei reattori viene accumulato in un gasometro, da cui viene poi prelevato sia per l'alimentazione della caldaia del sistema di termoregolazione, sia per il funzionamento del sistema di detassage del materiale di riempimento del digestore. Questa operazione viene eseguita periodicamente insufflando biogas sotto i materiali di riempimento per smuoverli ed evitare che tendano ad intasarsi.
- il digestore anaerobico a biomassa adesa rientra tra gli impianti anaerobici ad alto carico (30-35 kg di COD/m^3 di volume utile) e viene mantenuto a temperature comprese tra 32 e 38 °C (zona mesofila). In tali condizioni e con tempi di permanenza di circa 48 ore si raggiungono rese di abbattimento del BOD_5 superiori al 90%.
- la produzione di biogas varia tra 0,6 e 0,8 mc/kg di BOD_5 alimentato. Il tenore di metano nel biogas varia tra il 70 e il 75%. Buona parte del biogas viene impiegata per mantenere il sistema in temperatura.
- in molti casi nel percolato da discarica RU si riscontra la presenta di sostanze a bassa tensione di vapore e di gas in grado di formare con l'aria miscele esplosive; per tale ragione si rende necessario adottare delle coperture con gas inerte nelle vasche di stoccaggio del refluo in testa all'impianto

Campo di applicazione

La digestione anaerobica a biomassa adesa è un processo che trova diverse applicazioni per il trattamento di reflui del settore agroalimentare e per la depurazione di percolati di risulta delle discariche di rifiuti urbani.

Considerate le modalità di gestione delle discariche e i sistemi di raccolta dei percolati, le caratteristiche di quest'ultimi consentono talvolta di evitare pretrattamenti chimico-fisici a fronte del basso contenuto di solidi sospesi.

Vantaggi dei processi a biomassa adesa

Rispetto ai processi anaerobici tradizionali a biomassa sospesa, i sistemi a biomassa adesa presentano alcuni vantaggi:

- richiesta più limitata di spazio, a fronte di elevate velocità di reazione
- superiore produzione specifica di metano con possibilità di recupero energetico
- generazione di fanghi di risulta molto contenuta
- la tecnica di digestione anaerobica a biomassa adesa presenta per contro alcune limitazioni:
- la necessità di alimentare un refluo privo di materiali in sospensione, e quindi la necessità in alcuni casi di un pretrattamento chimico-fisico
- la trasformazione dell'azoto contenuto nei reflui in azoto ammoniacale con conseguente necessità di un successivo trattamento dei reflui per la sua rimozione.

Ulteriori vanataggi offerti dal sistema a biomassa adesa sono:

- alti rendimenti depurativi in termini di abbattimento di COD e BOD_5
- ridotti volumi di reazione a fronte dei minori tempi di ritenzione idraulica (1-2 giorni)

Effetti indesiderati
I reflui del processo sono maleodoranti per l'abbondante presenza di composti a basso stato di ossidazione come ammoniaca, idrogeno solforato,ecc..
La produzione di biogas con una elevata percentuale di metano, se dal punto di vista energetico può esser un notevole vantaggio, comporta l'adozione di appropriate misure di sicurezza al fine di prevenire la formazione di miscele esplosive.

Trattamenti complementari
Il trattamento per digestione anaerobica dei percolati di discarica RU deve essere completato integrando l'impianto con trattamenti complementari di vario tipo:

- un pretrattamento chimico-fisico con calce e polielettrolita a pH 11, che di solito conduce alla formazione di fiocchi dotati di elevata velocità di sedimentazione e consente di ottenere un refluo limpido e privo di materiali in sospensione; raramente è richiesto anche l'impiego di sali di ferro per raggiungere i risultati voluti. Il COD del percolato rimosso durante il trattamento può raggiungere il 25-30%, ma normalmente non supera il 10%
- un post-trattamento del refluo risultante dalla digestione anaerobica si rende necessario a seguito dell'elevata presenza di NH_3 originata dalla riduzione dell'azoto nella fase di digestione. Ciò può essere realizzato o per strippaggio dell'ammoniaca, come descritto in altro capitolo della relazione, o per alimentazione a un sistema di depurazione aerobico dotato di sezioni nitro-denitro.

G.5 Rimozione biologica del fosforo

Un tipico impianto per la rimozione biologica del fosforo è costituito da un comparto anaerobico (provvisto di dispositivi di miscelazione per evitare la sedimentazione dei solidi), un comparto anossico/aerobico o aerobico (a seconda che venga effettuata o meno la rimozione simultanea dell'azoto) e da un comparto di sedimentazione disposti in serie, con ricircolo del fango attivo in testa al comparto anaerobico.
Dal punto di vista impiantistico, la rimozione biologica del fosforo è quasi sempre combinata con i processi di nitrificazione/denitrificazione. È preferibile una vasca anaerobica del tipo con flusso a pistone, in modo che la rimozione degli eventuali nitrati presenti nel fango di ricircolo avvenga nella zona iniziale (che funge quindi da comparto di denitrificazione), garantendo nel resto della vasca condizioni veramente anaerobiche. Per gli stessi motivi occorre impedire che, contestualmente al ricircolo dei fanghi o alla fase di miscelazione in vasca, si verifichi l'immissione di ossigeno nel comparto anaerobico.

Dati operativi
La rimozione biologica del fosforo è un trattamento tipicamente terziario che può essere, comunque, integrato con i trattamenti secondari. In particolari condizioni si possono registrare rimozioni del fosforo superiori all'80-90%.
Gli intervalli dei tempi di residenza del refluo nei vari comparti di un tipico processo di rimozione biologica dei nutrienti sono:

Stadio	Intervallo (ore)
Anaerobico	0,5-2
Pre-denitrificazione anossica	0,5-4
Post-denitrificazione anossica	2-4
Ossidazione, nitrificazione	2,5-12
Ossigenazione finale (successiva alla post-denitrificazione)	0,5-1

Fonte: "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" – ANPA/Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ANPA 1/2001

Campo di applicazione
La rimozione biologica del fosforo è applicabile a tutte le tipologie di reflui biodegradabili ricchi di fosforo, sebbene la biomassa fosforo-accumulante si dimostri molto selettiva nella scelta del substrato organico rapidamente biodegradabile da stoccare in fase anaerobica.

G.6 Stagni biologici (o lagunaggi)[3]

I processi depurativi che avvengono in stagni biologici (detti anche lagunaggi) sono processi di tipo naturale a biomassa sospesa il cui fattore caratterizzante è la presenza di un ambiente naturale popolato da batteri e microalghe (queste ultime in proporzione crescente con la migliore qualità del refluo e con la diminuzione della profondità del bacino).
Questa tipologia di trattamento è utilizzabile:
- per la rimozione della sostanza organica
- per la rimozione dei nutrienti (azoto e/o fosforo)
- come trattamento di stabilizzazione biologica dei fanghi

Dati operativi
In base alle reazioni biologiche che li contraddistinguono, funzione soprattutto dell'altezza del corpo idrico, gli stagni biologici possono essere classificati in:
- *stagni anaerobici*: le reazioni biologiche si svolgono in ambiente completamente anaerobico; a tal fine sono richieste altezze idriche sufficientemente elevate (> 8 m). I processi anaerobici che si innescano sul fondo determinano produzione di biogas; questo, risalendo in superficie, favorisce la formazione di una crosta superficiale che impedisce sia la dissoluzione dell'ossigeno attraverso lo specchio liquido, sia il passaggio della luce ed il conseguente proliferare delle alghe fotosintetiche, produttrici di ossigeno; in questo modo si hanno condizioni anaerobiche nell'intero bacino. Il liquame viene scaricato dopo 40 - 50 giorni di permanenza in vasca, mentre la massa batterica viene asportata dal fondo ogni 2 - 3 anni; si deve operare in genere a un Fattore di Carico Volumetrico (FCV) tra 0,015 e 0,025 $kgBOD_5/m^3$ giorno. Il processo, volto in particolar modo al trattamento di reflui ad alta forza, consente di ottenere rendimenti, in termini di rimozione del BOD_5, dell'ordine del 60-70%
- *stagni facoltativi*: vengono realizzati con altezze idriche dell'ordine di 0,9-1,5 m, al fine di favorire reazioni di tipo anaerobico negli strati inferiori e reazioni di tipo aerobico, o meglio, facoltative. I batteri facoltativi operano di giorno in condizioni aerobiche sfruttando l'ossigeno prodotto dalle alghe che a loro volta si servono della CO_2 prodotta dagli stessi batteri, mentre in assenza di luce si innescano condizioni anaerobiche. Solitamente agli stagni facoltativi si deve far pervenire un liquame preventivamente grigliato ed in alcuni casi l'effluente di una sedimentazione primaria. I tempi di ritenzione sono dell'ordine di 20 - 30 giorni, e i Fattori di Carico Superficiale (FCS) tra 30 e 70 $kgBOD_5$/ha giorno. Si raggiungono rendimenti, in termini di rimozione del BOD_5, intorno al 90%.
- *stagni aerobici*: sono realizzati con altezze idriche di 0,2 - 0,6 m, in modo da garantire ovunque il passaggio di luce ed il conseguente sviluppo delle alghe fotosintetiche; l'apporto di ossigeno da esse fornito garantisce un funzionamento completamente aerobico. Si deve provvedere ad un periodico rimescolamento (circa 3 ore al giorno) del contenuto del bacino per ottenere la stabilizzazione del fango sedimentato; a tal fine devono essere utilizzati pompe o sistemi di aerazione superficiale. La temperatura ottimale si aggira intorno ai 20°C e si deve, in genere, operare a valori di FCS intorno a 20 - 30 $kgBOD_5$/ha giorno (valori

[3] Fonte: "*Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane*" – ANPA/Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ANPA 1/2001

superiori innescherebbero condizioni anaerobiche sul fondo dello stagno). In termini di rimozione del BOD_5, si raggiungono rendimenti di circa il 95%.

- *stagni aerati*: i bacini vengono realizzati con elevate altezze idriche, 2-4 m, soddisfacendo la richiesta di ossigeno delle popolazioni microbiche con sistemi artificiali quali turbine galleggianti o sistemi di aerazione diffusa. Per il dimensionamento si deve fare riferimento a tempi di residenza idraulici di circa 10 giorni e a FCS di circa 500 $kgBOD_5$/ha giorno. Come nel caso degli stagni aerobici, si raggiungono rendimenti di circa il 95% in termini di rimozione del BOD_5, ma con il chiaro vantaggio di una minore dimensione del bacino.

Campo di applicazione

Il trattamento in stagni biologici è applicabile a reflui caratterizzati da carichi organici elevati (come, ad esempio, quelli provenienti dall'industria agro-alimentare).

Vantaggi e svantaggi

Le prestazioni non si discostano molto da quelle tipiche dei processi a fanghi attivi ma vengono richieste elevate superfici per il soddisfacimento dei processi biologici di tipo "naturale". Si pongono alcuni problemi relativamente ai climi rigidi ed alla notevole produzione di biomassa algale di natura colloidale, estremamente difficile da separare per sedimentazione.

Per quanto concerne le tecniche di stabilizzazione biologica dei fanghi mediante compostaggio, una analisi dettagliata è riportata nelle "Linee Guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di trattamento meccanico biologico" a cui, pertanto, si rimanda.

H) DEFINIZIONE (SULLA BASE DELL'APPROFONDIMENTO E DELL'ESTENSIONE DELLE ANALISI SVOLTE IN SEDE COMUNITARIA) DELLA LISTA DELLE MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO DELLO SPECIFICO SETTORE IN ITALIA

L'adozione delle BAT ha come scopo principale quello di fornire alle autorità preposte il riferimento su cui valutare compiutamente le richieste di autorizzazione integrata in campo ambientale in ambito IPPC. Al tempo stesso esse possono risultare di aiuto anche agli operatori in sede di predisposizione della richiesta di autorizzazione.
Le varie tematiche di interesse sono state sviluppate, per quanto possibile, analizzando le tecniche secondo la sequenza di trattamenti che caratterizzano un impianto di trattamento dei rifiuti liquidi.
Nel presente capitolo si espongono, pertanto, le migliori tecniche e tecnologie comuni a tutte le tipologie di impianto di trattamento chimico - fisico e biologico in Italia, per ogni fase di processo, rimandando, per una trattazione di dettaglio, a quanto già precedentemente riportato nel capitolo E.

Tabella H.1 – Individuazione delle BAT

Conferimento e stoccaggio dei rifiuti all'impianto (si veda anche E.5.1.1-E.5.1.3)
1. Caratterizzazione preliminare del rifiuto. Acquisizione della seguente documentazione da parte del gestore: • analisi chimica del rifiuto; • scheda descrittiva del rifiuto: - generalità del produttore, - processo produttivo di provenienza, - caratteristiche chimico–fisiche, - classificazione del rifiuto e codice CER, - modalità di conferimento e trasporto. Se ritenuto necessario, saranno richiesti uno o più dei seguenti accertamenti ulteriori: • visita diretta del gestore allo stabilimento di produzione del rifiuto; • prelievo di campioni del rifiuto; • acquisizione delle schede di sicurezza delle materie prime e dei prodotti finiti del processo produttivo di provenienza **2. Procedure di conferimento del rifiuto all'impianto.** Presentazione della seguente documentazione: • domanda di conferimento su modello standard predisposto dal gestore; • scheda descrittiva del rifiuto su modello standard predisposto dal gestore; • analisi completa del rifiuto; • schede di sicurezza delle sostanze pericolose potenzialmente contenute nel rifiuto. Per più carichi dello stesso rifiuto e dello stesso produttore, resta valida la documentazione presentata la prima volta, documentazione da richiamare nel documento di trasporto di ogni singolo carico. Dovranno essere effettuate verifiche periodiche. La tipologia di trattamento dovrà essere individuata sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche del rifiuto **3.Modalità di accettazione del rifiuto all'impianto.** • Programmazione delle modalità di conferimento dei carichi all'impianto. • Pesatura del rifiuto e controllo dell'eventuale radioattività • Annotazione del peso lordo da parte dell'ufficio accettazione. • Attribuzione del numero progressivo al carico e della piazzola di stoccaggio. **4. Accertamento analitico prima dello scarico.** • Prelievo, con cadenza periodica, di un campione del carico (o della partita omogenea) da parte del tecnico responsabile. • Analisi del campione, con cadenza periodica, da parte del laboratorio chimico dell'impianto. • Operazioni di scarico con verifica del personale addetto (ovvero restituzione del carico al mittente qualora le caratteristiche dei rifiuti non risultino accettabili). • Registrazione e archiviazione dei risultati analitici. **5. Congedo automezzo.** • Bonifica automezzo con lavaggio ruote. • Sistemazione dell'automezzo sulla pesa.

- Annotazione della tara da parte dell'ufficio accettazione.
- Congedo dell'automezzo.
- Registrazione del carico sul registro di carico e scarico.

Occorre inoltre prevedere:
- Stoccaggio dei rifiuti differenziato a seconda della categoria e delle caratteristiche chimico-fisiche e di pericolosità di rifiuto. I rifiuti in ingresso devonono essere stoccati in aree distinte da quelle destinate ai rifiuti già sottoposti a trattamento
- Le strutture di stoccaggio devono avere capacità adeguata sia per i rifiuti da trattare sia per i rifiuti trattati
- Mantenimento di condizioni ottimali dell'area dell'impianto
- Adeguati isolamento e protezione dei rifiuti stoccati
- Minimizzazione della durata dello stoccaggio, in particolare per quanto riguarda i rifiuti liquidi contenenti composti organici biodegradabili
- Mantenimento del settore di stoccaggio dei reagenti distinto dal settore di stoccaggio dei rifiuti
- Installazione di adeguati sistemi di sicurezza ed antincendio
- Minimizzazione delle emissioni durante le fasi di movimentazione e stoccaggio

Pretrattamenti

- Definizione delle modalità operative di pretrattamento e di miscelazione di rifiuti compatibili.
- Test di laboratorio per definire i dosaggi di eventuali reagenti.
- Garantire il miglioramento delle caratteristiche qualitative dei rifiuti da inviare al processo mediante trattamenti complementari quali, ad esempio, equalizzazione e neutralizzazione.

Modalità operative del trattamento (si veda anche E.5.2 -E.5.3)

- Predisposizione del "foglio di lavoro", firmato dal tecnico responsabile dell'impianto, su cui devono essere riportate almeno le seguenti informazioni:
  - numero del carico (o di più carichi);
  - tipologia di rifiuto liquido trattata (nel caso di miscelazione riportare la tipologia di ogni singolo rifiuto liquido componente la miscela, a tal fine può anche essere utilizzato un apposito codice identificativo della miscela che consenta di risalire, in modo univoco, alla composizione della stessa)
  - identificazione del serbatoio di stoccaggio/equalizzazione del rifiuto liquido o della miscela
  - descrizione dei pretrattamenti effettuati
  - numero dell'analisi interna di riferimento
  - tipologia di trattamento a cui sottoporre il rifiuto liquido o la miscela di rifiuti liquidi, dosaggi di eventuali reagenti da utilizzare e tempi di trattamento richiesto
- Consegna del "foglio di lavoro" in copia agli operatori dell'impianto.
- Avvio del processo di trattamento più adatto alla tipologia di rifiuto liquido a seguito dell'individuazione delle BAT.
- Prelievo di campioni del rifiuto liquido o del refluo proveniente dal trattamento.
- Consegna ed archiviazione del "foglio di lavoro", con eventuali osservazioni, in originale nella cartella del cliente.

Occorre, inoltre, garantire:
- Risparmio delle risorse ambientali ed energetiche
- La realizzazione delle strutture degli impianti e delle relative attrezzature di servizio con materiali idonei rispetto alle caratteristiche dei rifiuti da stoccare e da trattare
- La presenza di strumentazioni automatiche di controllo dei processi per mantenere i principali parametri funzionali entro i limiti prefissati.

Post-trattamenti

- Verifiche analitiche del rifiuto trattato e stoccaggio nel caso in cui esso non sia direttamente collettato
- Adeguata gestione dei residui ed eventuali altri scarti di processo
- Caratterizzazione ed adeguato smaltimento dei rifiuti non recuperabili

Trattamento delle emissioni gassose (si veda anche E.5.1.4)

- Adeguata individuazione del sistema di trattamento
- Valutazione dei consumi energetici
- Ottimizzazione della configurazione e delle sequenze di trattamento
- Rimozione delle polveri

Trattamento dei reflui prodotti nell'impianto (si veda anche E.5.1.5)

- Massimizzazione del ricircolo delle acque reflue
- Raccolta separata delle acque meteoriche pulite
- Minimizzazione della contaminazione delle risorse idriche

Trattamento dei rifiuti prodotti nell'impianto (si veda anche E.5.1.6)

• caratterizzazione dei rifiuti prodotti al fine di individuare le più idonee tecniche di trattamento e/o recupero • riutilizzo dei contenitori usati (serbatoi, fusti, cisternette, ecc.) • ottimizzazione, ove possibile, dei sistemi di riutilizzo e riciclaggio all'interno dell'impianto
Raccolta e conservazione dei dati sui rifiuti e/o reflui in uscita
a Dati raccolti: • verifica analitica periodica del rifiuto e/o del refluo; • nel caso dei rifiuti annotare la data di conferimento alle successive operazioni di recupero o smaltimento; • firma del tecnico responsabile del laboratorio; • firma del tecnico responsabile dell'impianto. **b Raccolta dei certificati d'analisi:** • firmati in originale dal tecnico responsabile del laboratorio; • ordinati in base al numero progressivo dell'analisi. **c Tenuta delle cartelle di ogni cliente contenenti, in copia o in originale, tutta la documentazione**
Programma di monitoraggio (si veda anche E.5.1.1)
Il programma di monitoraggio deve garantire, in ogni caso: • controlli periodici dei parametri quali-quantitativi del rifiuto liquido in ingresso • controlli periodici quali-quantitativi del rifiuto liquido/refluo in uscita • controlli periodici quali-quantitativi dei fanghi • controlli periodici delle emissioni • controlli periodici interni al processo • nel caso di immissione dei reflui in corpi idrici, controllo periodico immediatamente a monte e a valle dello scarico dell'impianto
Rumore
• Impiego di materiali fonoassorbenti • Impiego di sistemi di coibentazione • Impiego di silenziatori su valvole di sicurezza, aspirazioni e scarichi di correnti gassose
Strumenti di gestione ambientale
• Sistemi di gestione ambientale (EMS) • Certificazioni EN ISO 14001 • EMAS
Comunicazione e consapevolezza dell'opinione pubblica (si veda anche E.5.1.2)
• Comunicazioni periodiche a mezzo stampa locale e distribuzione di materiale informativo • Organizzazione di eventi di informazione/discussione con autorità e cittadini • Apertura degli impianti al pubblico • Disponibilità dei dati di monitoraggio in continuo all'ingresso impianto o via Internet

H.1 Configurazione base dell'impianto

Tutti gli impianti di trattamento dei rifiuti liquidi devono essere dotati di:
- una zona di conferimento e stoccaggio temporaneo dei rifiuti in ingresso;
- una area di pre-trattamento (equalizzazione, neutralizzazione, ecc.);
- un'area di processo;
- un'area destinata ad eventuali post-trattamenti;
- una zona di stoccaggio del rifiuto trattato e di carico sui mezzi in uscita, nel caso in cui esso non sia direttamente collettato.

Occorre inoltre prevedere:
- aree per la viabilità;
- strutture di servizio e per la sicurezza dell'impianto
- impianto di raccolta delle acque meteoriche, adeguatamente dimensionato e vasca di raccolta delle acque di prima pioggia;
- adeguato impianto di raccolta delle acque reflue
- deposito per le sostanze da usare per l'assorbimento dei liquidi in caso di sversamenti accidentali

- idonea recinzione e protezione ambientale con siepi, alberature o schermi mobili lungo tutto il perimetro dell'impianto al fine di minimizzare l'impatto visivo e la rumorosità verso l'esterno dello stesso.

H.1.1 Ricevimento, stoccaggio e movimentazione

Ad integrazione di quanto riportato al capitolo E, paragrafi E.5.1.1 ed E.5.1.3, nelle operazioni di ricevimento e stoccaggio dei rifiuti liquidi devono essere adottate le seguenti modalità operative.
Prima dell'accettazione del rifiuto presso l'impianto di trattamento, il gestore deve acquisire tutte le informazioni necessarie per l'individuazione e la caratterizzazione dello stesso anche attraverso visite dirette presso lo stabilimento di produzione del rifiuto con prelievi di campione e acquisizione delle schede di sicurezza delle materie prime e dei prodotti finiti del processo produttivo di provenienza. Il gestore deve, inoltre, condurre la caratterizzazione dei rifiuti conferiti per accertarne la compatibilità con il processo. Il rifiuto deve, infatti, risultare compatibile con:

- le caratteristiche dell'impianto e la tipologia di processo;
- gli altri rifiuti già in fase di conferimento (non si devono avere fenomeni di incompatibilità chimica e/o fisica tra rifiuti destinati ad essere tra loro miscelati).

Accanto alla caratterizzazione iniziale, con frequenza proporzionale al numero di carichi conferiti, vengono effettuate verifiche di conformità del rifiuto, mediante analisi dei parametri che in fase di caratterizzazione sono risultati più critici.
Una descrizione sintetica delle procedure da seguire nella fase di conferimento e stoccaggio è riportata in tabella H.1.
Il settore di accettazione deve essere distinto da quello di stoccaggio e devono essere previste aree di stoccaggio distinte in funzione della tipologia di rifiuto.
La superficie del settore di accettazione deve avere dimensioni tali da consentire un'agevole movimentazione dei mezzi e delle attrezzature in ingresso ed in uscita. Nel settore di accettazione e movimentazione non deve essere consentito il deposito dei rifiuti.
Le aree di accettazione e di movimentazione dei rifiuti devono essere impermeabili e dotate di sistemi di raccolta dei reflui che in maniera accidentale possano fuoriuscire o dagli automezzi o dai serbatoi.
Deve essere prevista una zona per il lavaggio e la pulitura degli automezzi nel caso di contatto o sversamento di rifiuti durante le operazioni di carico e scarico.
La fase di stoccaggio dei rifiuti liquidi deve permettere la programmazione razionale dei tempi e delle modalità di trattamento, senza condizionare i conferimenti alle esigenze del processo. Essa deve essere realizzata in modo da minimizzare l'impatto ambientale e da garantire la sicurezza e l'igiene nel lavoro; deve, inoltre, presentare caratteristiche volumetriche e di dislocazione tali da consentire lo stoccaggio differenziato delle diverse tipologie di rifiuti, le operazioni di omogeneizzazione fra rifiuti compatibili, i tempi di stoccaggio sufficienti per una completa caratterizzazione qualitativa del rifiuto, una razionale movimentazione o collettamento dei rifiuti da inviare al trattamento
I recipienti fissi o mobili, utilizzati all'interno degli impianti, e non destinati ad essere reimpiegati per le medesime tipologie di rifiuti, devono essere sottoposti a trattamenti di bonifica appropriati alle nuove utilizzazioni. Detti trattamenti devono essere effettuati presso idonea area dell'impianto, appositamente allestita e dotata di superficie impermeabile, o presso impianti autorizzati.

H.1.2 Migliori tecniche e tecnologie per i trattamenti chimico-fisici e biologici dei rifiuti liquidi

Le migliori tecniche e tecnologie per i trattamenti chimico-fisici e biologici sono ampiamente descritte nel capitolo E, paragrafi E.5.2 – E.5.3 a cui, pertanto, si rimanda.

H 1.3 Limitazione delle emissioni

Gli impianti di trattamento chimico-fisico e biologico dei rifiuti liquidi devono essere gestiti in modo da non produrre emissioni dannose all'ambiente esterno e all'ambiente di lavoro; in particolare devono essere, quanto più possibile, prevenute:

- emissioni di polveri
- emissioni di sostanze osmogene e di composti volatili
- emissione di rumori
- scarichi liquidi
- produzione di rifiuti

Per quanto riguarda, nello specifico, la limitazione delle emissioni di rumori è necessario, preliminarmente, individuare tutte le possibili sorgenti (comprese le sorgenti casuali) e le posizioni sensibili più vicine a tali sorgenti. Al fine di limitare i rumori è necessario acquisire, per ogni sorgente principale, le seguenti informazioni :

- posizione della macchina nella planimetria dell'impianto
- funzionamento (continuo, intermittente, fisso o mobile)
- ore di funzionamento
- tipo di rumore
- contributo al rumore complessivo dell'ambiente

E' anche necessario eseguire campagne di misurazione e mappatura dei livelli di rumore nell'ambiente.
Dopo l'acquisizione di tutte le informazioni necessarie vanno individuati i provvedimenti da attuare. Tutte le macchine devono essere messe a norma e devono essere dotate di sistemi di abbattimento dei rumori. I livelli sonori medi sulle 8 ore del turno lavorativo non devono superare gli 80 dB misurati alla quota di 1,6 m dal suolo e a distanza di 1 m da ogni apparecchiatura.
Le macchine che superano i limiti previsti dalle norme devono essere insonorizzate. All'esterno dei capannoni devono essere garantiti livelli di rumore inferiori a quelli ammessi dalla zonizzazione comunale, normalmente inferiori a 60 dB.

Per quanto concerne le migliori tecniche finalizzate alla limitazione delle emissioni ed alla corretta gestione dei rifiuti e dei reflui prodotti negli impianti si rimanda, inoltre, a quanto riportato nel capitolo E, paragrafi E.5.1.4-E.5.1.6.

H.1.4 Migliori tecniche di gestione degli impianti di trattamento chimico-fisico e biologico dei rifiuti liquidi

La gestione degli impianti a tecnologia complessa deve (si veda anche capitolo E):

- individuare i potenziali pericoli connessi con l'ambiente interno ed esterno all'impianto;
- identificare i rischi effettivi interni ed esterni all'impianto;
- prevedere la redazione di un manuale operativo, funzionale ai rischi rilevati, che comprenda anche le attività di manutenzione e di emergenza in caso di incidenti al fine di prevenire le situazioni incidentali ovvero, nel caso in cui esse si verifichino, di circoscriverne gli effetti e mitigarne le conseguenze.

Devono, inoltre, essere approntati i seguenti piani:

- Piano di gestione operativa
- Programma di sorveglianza e controllo
- Piano di ripristino ambientale per la fruibilità del sito a chiusura dell'impianto secondo la destinazione urbanistica dell'area.

H.1.5 Piano di gestione operativa

In fase di esercizio gli impianti di trattamento chimico-fisico e biologico dei rifiuti liquidi devono disporre di un piano di gestione operativa che individui le modalità e le procedure necessarie a garantire un elevato grado di protezione sia dell'ambiente che degli operatori presenti sull'impianto (si veda anche capitolo E). Il criterio guida deve essere quello di minimizzare il contatto diretto degli operatori con i rifiuti, la loro permanenza in ambienti in cui sono presenti polveri e/o sostanze potenzialmente dannose per la salute, le operazioni di intervento manuale sulle macchine ed apparati tecnologici.
In particolare il piano di gestione deve contenere indicazioni su:

a) procedure di accettazione dei rifiuti da trattare (modalità di campionamento ed analisi e verifica del processo di trattamento);
b) tempi e modalità di stoccaggio dei rifiuti, tal quali ed a fine trattamento, e dei reagenti;
c) criteri e modalità di miscelazione ed omogeneizzazione dei rifiuti da trattare, ove previste;
d) procedure di certificazione dei rifiuti trattati ai fini dello smaltimento e/o recupero;
e) procedure di monitoraggio e di controllo dell'efficienza del processo di trattamento, dei sistemi di protezione ambientale e dei dispositivi di sicurezza installati;
f) procedura di ripristino ambientale dopo la chiusura dell'impianto, in relazione alla destinazione urbanistica dell'area;

H.1.6 Programma di sorveglianza e controllo (PSC)

Nell'ambito delle BAT va individuata la predisposizione e l'adozione di un programma di sorveglianza e controllo, previsto, peraltro, in alcune leggi regionali a carico di tutti gli impianti di gestione dei rifiuti finalizzato a garantire che (si veda anche capitolo E):

1. tutte le sezioni impiantistiche assolvano alle funzioni per le quali sono progettate in tutte le condizioni operative previste;
2. vengano adottati tutti gli accorgimenti per ridurre i rischi per l'ambiente ed i disagi per la popolazione;
3. venga assicurato un tempestivo intervento in caso di incidenti ed adottate procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie nel processo produttivo;
4. venga garantito l'addestramento costante del personale impiegato nella gestione;
5. venga garantito alle autorità competenti ed al pubblico l'accesso ai principali dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza;
6. vengano adottate tutte le misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti.

Il controllo e la sorveglianza dovrebbero essere condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente ed i prelievi e le analisi previste per garantire il rispetto dei limiti alle emissioni, indicate nei documenti autorizzativi, dovrebbero essere effettuati da laboratori competenti, preferibilmente indipendenti, operanti in regime di qualità secondo le norme della famiglia ISO 9000 per le specifiche determinazioni indicate nel provvedimento autorizzativo.
I contenuti del PSC devono essere correlati, per quanto di competenza, con quelli del Piano di gestione.
Il PSC deve, inoltre, contenere i piani e le modalità esecutive dei controlli relativi a:

- controlli e verifiche in punti prestabiliti all'interno del ciclo di trattamento per verificarne il corretto funzionamento in ogni fase

- controlli all'esterno dell'impianto sia dell'aria che del suolo utilizzando eventualmente anche indicatori biologici con modalità e caratteristiche proporzionali ai risultati attesi;
- verifica delle concentrazioni degli scarichi idrici a monte e a valle dell'impianto per il trattamento delle acque di scarico.

H.2 Strumenti di gestione ambientale

H 2.1 Personale

La responsabilità della gestione dell'impianto di trattamento deve essere affidata ad una persona competente e tutto il personale deve essere adeguatamente addestrato.

H 2.2 Benchmarking

Risulta opportuno analizzare e confrontare, con cadenza periodica, i processi, i metodi adottati e i risultati raggiunti, sia economici che ambientali, con quelli di altri impianti e organizzazioni che effettuano le stesse attività.

H 2.3 Certificazione

Vanno promosse le azioni relative all'adozione di sistemi di gestione ambientale (EMS) nonché di certificazione ambientale (ISO 14000) e soprattutto l'adesione al sistema EMAS.

H 2.4 Sistemi di supervisione e controllo

Per gli impianti che trattano elevate quantità di rifiuti, tutti i sistemi, gli apparati e le apparecchiature costituenti l'impianto devono essere sottoposti ad un efficiente ed affidabile sistema di supervisione e controllo che ne consenta la gestione in automatico.

H 2.5 Comunicazione e consapevolezza pubblica

E' necessaria la predisposizione di un programma di comunicazione periodica cha preveda (si veda anche E.5.1.2):
- la diffusione periodica di rapporti ambientali;
- la comunicazione periodica a mezzo stampa locale;
- la distribuzione di materiale informativo;
- l'apertura degli impianti per le visite del pubblico;
- la diffusione periodica dei dati sulla gestione dell'impianto.

H.3 Aspetti di pianificazione e gestione

H 3.1 Ubicazione dell'impianto

La scelta del sito deve essere effettuata sulla base di valutazioni comparative tra diverse localizzazioni che tengano in considerazione tutti gli aspetti logistici, di collegamento con le diverse

utenze, con gli impianti di destinazione dei materiali da recuperare o con gli impianti di smaltimento nonchè gli impatti ambientali.
Aree industriali dimesse o quelle destinate, dalla pianificazione urbanistica, agli insediamenti industriali costituiscono la collocazione più idonea per gli impianti.
Ai fini dell'individuazione delle aree idonee devono essere acquisite tutte le informazioni bibliografiche e cartografiche relative alle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, vincolistiche, ecc. del territorio in esame, da integrare eventualmente con indagini di campo.
Altri aspetti, di natura territoriale e socioeconomica, che intervengono successivamente nella scelta delle aree selezionate, sono:

- presenza di rilevanti beni storici, artistici, archeologici;
- la distribuzione della popolazione;
- la distribuzione delle industrie sul territorio.

H 3.2 Trasporti e collegamento al sistema viario

Deve essere garantito un collegamento viario idoneo al transito dei mezzi per il conferimento dei rifiuti e per l'allontanamento dei residui.
Il conferimento dei rifiuti mediante ferrovia, se fattibile dal punto di vista tecnico-economico, è da privilegiare.
Al fine di ridurre i costi di trasporto e l'impatto sull'ambiente è necessario prevedere l'impiego di autocarri con la massima portata utile; di conseguenza è necessario verificare la disponibilità di strade adeguate.

I) ANALISI DELL'APPLICABILITA' AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE AL PUNTO PRECEDENTE, ANCHE CON RIFERIMENTO AI TEMPI DI ATTUAZIONE

I.1 Applicazione delle BAT

L'applicabilità di una qualsiasi BAT, soprattutto nel caso degli impianti esistenti, non può risultare di carattere generale essendo essa legata a diversi fattori presenti a livello locale, che possono influenzare notevolmente le prestazioni raggiungibili.

Tra questi si citano:

- le dimensioni dell'impianto;
- l'età dell'impianto;
- il tempo di vita residuo dell'impianto;
- l'ubicazione e il contesto locale;
- le caratteristiche dei rifiuti trattati (principalmente il contenuto di inquinanti);
- la presenza di vincoli di carattere tecnico.

Occorre ricordare che le prestazioni conseguibili con le BAT, siano esse di tipo ambientale che energetico, sono riferite a medie annuali. I campi di prestazioni riportati ai paragrafi E.4 ed E.5 non sono, pertanto, riferiti a eventi eccezionali od occasionali dell'impianto, ma riflettono l'incidenza che i suddetti fattori possono avere nell'applicazione di una specifica BAT in diversi contesti.

I.1.1 Le dimensioni dell'impianto

Si può senza dubbio affermare che l'economia di scala non consente agli impianti di taglia ridotta di ottenere, a parità di costo unitario, le stesse prestazioni ambientali, a causa dell'influenza negativa del fattore di scala. Questo può rendere alcune tecniche difficilmente applicabili.

I.1.2 L'età dell'impianto

In linea generale l'applicazione delle BAT dovrebbe essere idonea sia per gli impianti nuovi che per quelli esistenti.

E' altrettanto evidente che tale affermazione deve poi essere calata all'interno della realtà del singolo impianto.

I.1.3 Le caratteristiche dei rifiuti trattati.

La conoscenza approfondita delle matrici in ingresso agli impianti di trattamento chimico-fisico è di estrema importanza, per accertare la compatibilità con il processo e con l'impianto.

La tipologia del rifiuto in ingresso influenza notevolmente il tipo di tecnologia più adatta per la realizzazione del trattamento chimico-fisico e/o biologico, come evidenziato nei paragrafi precedenti: bisognerà perciò avere una conoscenza esatta della composizione del rifiuto.

I.1.4 Presenza di vincoli di carattere tecnico

Tra le difficoltà che possono insorgere nell'applicazione di specifiche BAT occorre sicuramente annoverare:

- la compatibilità tecnica dell'intervento in esame con i criteri progettuali e/o realizzativi delle installazioni esistenti;
- la mancata disponibilità di aree idonee per l'installazione di apparecchiature, sistemi e/o componenti aggiuntivi.

I.1.5 Interventi per l'applicazione delle BAT

Per l'adeguamento del sistema impiantistico nazionale ai dettami della direttiva IPPC possono essere individuati due tipi di interventi:

- interventi di carattere operativo gestionale, caratterizzati da tempi di realizzazione e costi relativamente ridotti, nonché vantaggi prestazionali accettabili per impianti che sono praticamente già in linea o quasi con la futura normativa;
- interventi ristrutturativi, che prevedono il rifacimento, più o meno esteso, di qualche sezione dell'impianto individuata come critica e che comportano tempi di realizzazione (indicativamente dell'ordine dei 24 mesi), con maggiori impegni economici.

Nella valutazione della scelta delle migliori tecniche si deve, anche, tener presente che potrebbe risultare difficoltoso adottarne alcune (es. sostituire un processo tecnologico con un altro) in impianti esistenti.
Le tecniche legate ad aspetti gestionali, di cui al capitolo H, devono, invece, essere sempre introdotte al fine di garantire elevati livelli di tutela dell'ambiente e della salute umana.

J) FATTIBILITÀ ECONOMICA DELLE TECNICHE ELENCATE ANALIZZATA ATTRAVERSO ANALISI COSTI-BENEFICI

La valutazione economica delle tecniche non è stata approfondita in ambito europeo; sui documenti di riferimento relativi a questo settore sono riportate, allo stato attuale, solo informazioni di carattere generale, che non consentono di effettuare valutazioni esaustive in merito alla fattibilità economica.
In generale l'applicazione delle BAT determina, su tutte le tipologie d'impianto esaminate, i seguenti benefici:

- incremento della produttività degli impianti (maggiore automazione, maggiore affidabilità e minore necessità di manutenzione); minori costi di esercizio;
- maggiore sostenibilità ambientale. L'adozione delle BAT sia per gli apparati produttivi che per gli impianti di abbattimento delle emissioni produce una maggiore efficienza di recupero di determinati materiali, una migliore utilizzazione delle risorse (energia, acqua, materiali di consumo) e una maggiore difesa dell'ambiente;
- maggiore controllabilità di tutto il sistema. La concentrazione delle lavorazioni in unità produttive più grandi e organizzate rende anche più controllabile tutto il sistema industriale del recupero, che tenderà per sé stesso a un maggiore autocontrollo.

A fronte di questi benefici si possono considerare i costi di adeguamento dell'impianto, che in certi casi possono essere relativamente elevati, specialmente per piccoli insediamenti a scala ridotta.

K) DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

K.1 La definizione di BAT

K.1.1 La direttiva 96/61/CE

La direttiva 96/61/CE ("Direttiva IPPC") definisce le "***migliori tecniche disponibili***" come:*"la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso".*
A tale scopo occorre tenere presente le seguenti definizioni:

- *"tecniche"*, si intende sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- *"migliori"*, qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;
- *"disponibili"*, qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli.

K.1.2 Impatto ambientale e rischi

Le tecniche individuate devono minimizzare l'impatto dell'impianto sull'ambiente relativo a tutte le matrici interessate (acqua, aria, suolo) e sulla salute umana, nel rispetto degli specifici requisiti stabiliti dalla normativa vigente. La sicurezza dei lavoratori deve essere tutelata, in accordo alla vigente normativa.

K.1.3 Fattibilità tecnico-economica

Le tecniche prescelte devono essere affidabili e deve essere garantita la qualità dei sistemi e delle apparecchiature utilizzate. I costi di investimento, esercizio e manutenzione devono essere sostenibili. Le analisi costi-benefici devono aver dato prova positiva.

K.1.4 Processo decisionale per l'individuazione delle BAT

Per l'individuazione di una BAT occorre mettere in atto un processo decisionale che sulla base dei dati disponibili sulla tecnica in esame e delle specifica applicazione, tenuto conto dei fattori locali e degli aspetti summenzionati possa portare ad una valutazione della sua applicabilità.

K.2 Criteri di individuazione delle BAT

Considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle migliori tecniche disponibili, tenuto conto dei costi e dei benefici che possono risultare da un'azione e del principio di precauzione e prevenzione.

K.2.1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti

Le tecniche adottate nei i processi di trattamento devono limitare la produzione di rifiuti non recuperabili.
Inoltre devono essere affrontate le problematiche legate allo stoccaggio, carico, trasporto e scarico dei rifiuti prodotti.

K.2.2 Impiego di sostanze meno pericolose

Nella progettazione dell'impianto e nella sua conduzione deve essere previsto l'impiego di sostanze e materiali selezionati secondo i criteri della minore pericolosità e del minore consumo.

K.3 Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale

Le tecniche individuate devono garantire prestazioni e livelli di esercizio verificati sulla base di applicazioni di successo su scala industriale.
L'impianto deve garantire elevata disponibilità e affidabilità di esercizio.
E' importante la molteplicità di fornitori e la disponibilità sul mercato di ricambi, materiali e reagenti necessari per l'esercizio e per le manutenzioni.
Le tecniche adottate devono essere compatibili con le condizioni locali (ambientali, climatiche, geografiche, socio-economiche).

K.4 Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico

Le tecniche devono essere scelte alla luce delle evoluzioni in campo scientifico e dei relativi progressi tecnici conseguiti nel settore del trattamento dei rifiuti.
Qualsiasi tecnica deve dimostrare anche la capacità di evolvere ed essere in grado di adattarsi a nuove soluzioni e condizioni.

K.5 Natura, effetti e volume delle emissioni

La valutazione degli effetti delle emissioni deve tenere conto della situazione al contorno (piani di qualità dell'aria e dell'acqua, piani territoriali e urbanistici, ecc.).
Devono essere utilizzate le tecniche più avanzate per la misurazione delle emissioni e dei parametri di processo, nel rispetto dei requisiti minimi prescritti dalla normativa.

K.6 Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti

Sono da considerare la vita media di un impianto e la sua capacità produttiva nel tempo.

K.7 Tempo richiesto per l'adozione di una migliore tecnica disponibile

Nel settore del trattamento dei rifiuti, la variabilità e complessità dei materiali da trattare richiedono l'attenta sperimentazione e la verifica sul campo di qualsiasi nuova tecnica proposta.
Gli investimenti necessari possono essere notevoli, anche alla luce delle taglie significative degli impianti; molto spesso il passaggio dalla sperimentazione alla realizzazione industriale è un processo lento e costoso che può richiedere anni.

K.8 Consumo di risorse

Le tecniche selezionate devono essere finalizzate alla minimizzazione dei consumi di acqua, materie prime, energia; devono inoltre prediligere l'impiego di sostanze e materiali la cui produzione è, a sua volta, causa di un ridotto impatto ambientale e minimi consumi energetici.
In questa valutazione può risultare utile l'impiego di sistemi di analisi del ciclo di vita (LCA).
Le tecniche prescelte devono utilizzare apparecchiature a basso consumo di energia.

K.9 Prevenzione e riduzione dell'impatto globale sull'ambiente

E' necessario minimizzare l'impatto delle emissioni in aria, in acqua e al suolo, tenendo conto della specifica realtà territoriale in cui è insediato l'impianto. L'impatto globale deve essere valutato nell'ambito di piani locali della qualità dell'aria e delle acque.
Deve essere accuratamente valutata l'affidabilità dell'impianto, in quanto un processo di trattamento non affidabile può mettere in crisi il servizio (pubblico o meno) di gestione dei rifiuti.

Sono richieste tecniche di misurazione di elevata qualità per il monitoraggio in continuo dei parametri operativi dell'impianto e delle emissioni.

K.10 Prevenzione degli incidenti e minimizzazione degli effetti
Le tecniche adottate devono considerare la possibilità di incidenti, guasti e malfunzionamenti degli impianti e prevenirne o limitarne le conseguenze. In caso di guasto improvviso o di mancanza di alimentazione, le apparecchiature devono portarsi autonomamente in condizioni di massima sicurezza.
Le tecniche prescelte devono prevedere tutte le misure per fronteggiare qualsiasi condizione anomala di esercizio. Deve essere previsto un idoneo sistema antincendio.
La responsabilità della gestione dell'impianto va affidata a persone competenti e il personale deve essere adeguatamente addestrato.

GLOSSARIO

Definizioni

Abitante equivalente: il carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD_5) pari a 60 grammi di ossigeno al giorno

Acque reflue domestiche: acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche

Acque reflue industriali: qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici o installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento;

Aerobico: definisce un ambiente ricco di ossigeno disciolto (DO: 2 mg/l);

Anaerobico: definisce un ambiente totalmente privo di O_2;

Anossico: definisce un ambiente privo di O_2 disciolto, ma ricco di ossigeno combinato (NO_3^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, ecc.);

Bio-refrattario: materiale scarsamente suscettibile alla degradazione biologica

BOD_5: domanda di ossigeno biochimico a 5 giorni (mg/l di O_2) assunto come misura indiretta del carico organico inquinante (biodegradabile);

Bulking: indica una condizione di non sedimentabilità dei fiocchi di fango spesso dovuta ad una eccessiva presenza di batteri filamentosi;

COD: domanda di ossigeno chimico (mg/l di O_2) assunta come misura indiretta del carico organico inquinante totale (biodegradabile e non);

Fanghi: i fanghi residui, trattati o non trattati, provenienti dagli impianti di trattamento dei rifiuti o delle acque reflue urbane;

Inquinamento: lo scarico effettuato direttamente o indirettamente dall'uomo nell'ambiente idrico di sostanze o di energia le cui conseguenze siano tali da mettere in pericolo la salute umana, nuocere alle risorse viventi e al sistema ecologico idrico, compromettere le attrattive o ostacolare altri usi legittimi delle acque;

Rete fognaria: il sistema di condotte per la raccolta e il convogliamento delle acque reflue urbane

TKN: concentrazione dell'azoto totale ridotto (ammoniaca e composti organici azotati) rilevabile con il metodo Kjeldhal [mg/l]

Abbreviazioni ed acronimi

AIA: autorizzazione Integrata Ambientale
AOX: Aromatic Organic Halides Composti organici alogenati
AUR: Ammonia Utilization Rate
API: American Petroleum Institute
BAT : Best available Techniques
BOD:Biochemical Oxygen Demand (Domanda Biologica di Ossigeno)
BRef: BAT Reference document
BTEX: Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene
BTX: Benzene, Toluene, Xylene
COD: Chemical Oxygen Demand (Domanda Chimica di Ossigeno)
COV: Composti Organici Volatili (VOC:Volatile Organic Compounds)
CPI: Corrugated Plate Interceptor
CSTR: Continuously Stirred tank Reactor Reattore a mescolamento continuo
DAF: Dissolved Air Flotation
DBO: Domanda Biochimica di Ossigeno
EMAS: Eco-Management and Audit Scheme
EOX: Extractable Organic Halides Composti organici alogenati estraibili
GAC: Granular Activated Carbon, carbone attivo granulare
GTR: Gruppo Tecnico Ristretto
IAF: Induced Air Flotation
IPA: Idrocarburi Policiclici Aromatici (PAH: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)
IPPC: Integrated Pollution Prevention and Control
MBR: Membrane Bio Reactor
MBAS: Methylen Blue Active Substances (tensioattivi anionici attivi al saggio con il blu di metilene)
NUR: Nitrate Utilization Rate
OUR: Oxygen Uptake Rate
PAC: carbone attivo in polvere
PPB: Parti Per Miliardo (Parts Per Billion)
PPI: Parallel Plate Interceptor
PPM: Parti Per Milione (Parts Per Million)
PVDF: polivinildenfluoruro
SBR: sequencing batch reactor
TEQ: Tossicità Equivalente. Unità utilizzata per le policlorodibenzo-p-diossine (PCDD) ed i pliclorodibenzo-p-furani (PCDF)
TOC: Total Organic Carbon (Carbonio Organico Totale)
SS: Suspended Solids / Solidi Sospesi
UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket reactor
VSS: Volatile Suspended Solids
WAO: Wet Air Oxidation

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Adams C.E. and Eckenfelder W. W. 1974 "Process Design Techniques for Industrial Waste Treatment" Enviro Press, Nashville, Tennesse, 275 pp.
- ANPA/Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (a cura di) "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" – ANPA/Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 1/2001
- Avezzù F., Collivignarelli C., Riganti V. (2003): "La gestione delle acque di scarico industriali", ed. Il Sole 24 Ore, ISBN 88-324-4892-0, pp. 310.
- Chudoba J. 1985. "Inhibitory Effect of Refractory Organic Compound Produced by Activated Sludge Microorganisms on Microbial Activity and Flocculation"
- CITEC (a cura di) (2002), "Linee guida per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani", Ed. Hyper
- Collivignarelli C., Avezzù F., Baldi M., Bissolotti G. (1993): "Recent Developments in Landfill Leachate Treatment Technology" - Sardinia '93, IV International Landfill Symposium, S. Margherita di Pula (CA), Italy, 11-15 October.
- Collivignarelli C., Bertanza G. "Trattamenti chimico-fisici-biologici dei rifiuti industriali". Atti Giornate di studio europee, Brescia 17-18 giugno 1993. C.I.P.A. Editore
- Collivignarelli C., Riganti V., Pergetti M. (2000): "La gestione degli impianti di depurazione delle acque di scarico", ed. Il Sole 24 Ore, ISBN 88-324-4047-4, pp.228.
- De Fraja Frangipane E., Pastorelli G. 1993 "Impianti di depurazione di piccole dimensioni" C.I.P.A. Editore, Collana Ambiente, Volume 2, Milano, 415 p.
- Eckenfelder W. W. 1989 "Industrial Water Pollution Control" (2nd ed.) McGraw-Hill Inc., New York, 400 p.
- Eckenfelder W. W. and Musterman J.L. 1995. "Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater"
- European IPPC Bureau (a cura di) "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector" February 2003
- European IPPC Bureau (a cura di) "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", August 2005
- European IPPC Bureau (a cura di) "Second Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries", January 2004
- Freeman H.M. 1998 "Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal" (2nd ed.) McGraw-Hill Inc., New York, 1127 p.
- Gruppo di Lavoro "Gestione Impianti di Depurazione", Facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia, F. Avezzù et al. (in corso di pubblicazione): "Le piattaforme polifunzionali di trattamento dei rifiuti industriali"
- ISTAT, "La depurazione delle acque reflue urbane in Italia – anno 1999"
- Jenkins D. , Richard M.G. , Daigger G.T. 1986. "Manual on the causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming"
- Lankford P. and Eckenfelder W. 1990. "Toxicity Redutrion in Industrial Effluent"
- Masotti L. 1987 "Depurazione delle acque" Edizioni Calderini
- Metcalf and Eddy 2003 "Wastewater Engineering. Treatment and Reuse" (4th ed.) Revised by Tchbanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D., McGraw-Hill Inc., New York, 1819p.
- Pitter P. and J. Chudoba 1990. "Biodegradability of Organic Substances in the Aquatic Enviroment"
- Ramadori-Tomei, Relazione tecnica, 2002, IRSA-CNR
- US EPA 1995 "Manual: Ground-Water and Leachate Treatment Systems" Center for Environmental Resarch Information, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 119 pp.
- Vismara R. 1998. "Depurazione Biologica" Biblioteca Scientifica Hoepli
- Watkin A. and W.W. Eckenfelder 1983. "Toxicity of Selected RCRA Compounds to Activated Sludge Microorganism"

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

5 Gestione dei rifiuti

[Impianti di trattamento chimico fisico **(Ph-c)** *dei rifiuti solidi]*

INDICE

E) Descrizione delle analisi elaborate in ambito comunitario per la individuazione delle BAT, con particolare riferimento, ove disponibili, alle conclusioni dei BREF

E.1 Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

E.2 Aspetti tecnici e tecnologici dello specifico settore) - conclusioni del BREF

E.2.1 Processi di Trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi) conclusioni del BREF

E.2.1.1 Estrazione e separazione

E.2.1.2 Trattamenti termici

E.2.1.3 Separazione meccanica

E.2.1.4 Inertizzazione

E.2.1.5 Disidratazione dei fanghi

E.2.1.6 Desorbimento termico

E.2.2 Migliori tecniche e tecnologie di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi

E.2.2.1 Operazioni preliminari

E.2.2.3 Attività di laboratorio

E.2.2.4 Inertizzazione

E.2.2.5 Solidificazione con cemento

E.2.2.6 Stabilizzazione con fosfato

E.2.2.7 Trattamento termico dei rifiuti solidi

E.2.2.8 Tecniche da considerare per il trattamento delle scorie

E.2.3 Aspetti tecnici e tecnologici dei presidi ambientali

E.3 Aspetti ambientali

E.3.1 Impatto sull'ambiente

E.3.2 Emissioni negli impianti di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi

E.3.3 Produzione dei rifiuti negli impianti di trattamento chimico-fisico

E.3.4 Aspetti ambientali: analisi dei rischi

E.3.4.1 I fattori di rischio

E.3.4.2 Misure di prevenzione e protezione

E.3.4.3 L'inquinamento acustico

F) Approfondimento, ove necessario, delle tecniche analizzate nel BREF comunitario e definizione, ove possibile, del range di prestazione delle diverse tecniche.

F.1 Trattamenti di cementificazione a base neutra

F.1.1 Processo Chemifix

F.1.2 Processo Litosintesi

F.1.3 Processo Sealosafe-Stablex

F.1.4 Processo Petracem

F.2 Trattamenti di cementificazione a base acida

F.2.1 Processo SOLIROC

F.3 Trattamenti a base di calce

F.3.1) Processo Petrifix

F.3.2) Processo Ciribelle

G) Identificazione di eventuali tecniche alternative e definizione, ove possibile, del range di prestazione di tali tecniche

G.1 Autocementazione

G.2 Processo con produzione di minerali o materiali ceramici sintetici

G.3 Processo a base di ceneri vetrificate

G.4 Processo di inglobamento in una matrice di rivestimento

G.5 Sistema al plasma

H) Definizione della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

H.1 Migliori tecniche e tecnologie comuni a tutte le tipologie di impianto

H.1.1 Configurazione base di un impianto

H.1.2 Ricevimento e Stoccaggio

H.1.3 Movimentazione

H.1.4 Pretrattamenti

H.1.5 Migliori tecniche e tecnologie di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi

H.1.6 Post-trattamenti

H.1.7 Manutenzione

H.1.8 Accorgimenti per limitare la diffusione di rifiuti negli ambienti di lavoro

H.1.9 Limitazione delle emissioni

H.2 Migliori tecniche di gestione degli impianti di trattamento chimico-fisico

H.2.1 Piano di gestione operativa

H.2.2 Programma di sorveglianza e controllo (PSC)

H.3 Strumenti di gestione ambientale

H.3.1 Personale

H.3.2 Benchmarking

H.3.3 Certificazione

H.3.4 Sistemi di supervisione e controllo

H.3.5 Comunicazione e consapevolezza pubblica

H.4 Aspetti di pianificazione e gestione

H.4.1 Ubicazione dell'impianto

H.4.2 Trasporti e collegamento al sistema viario

H.5 Indicazioni specifiche per la gestione dei rifiuti contenenti amianto

I) Analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento elencate al punto precedente, anche con riferimento ai tempi di attuazione

I.1 Applicazione delle BAT

I.1.1 Le dimensioni dell'impianto

I.1.2 L'età dell'impianto

I.1.3 Le caratteristiche dei rifiuti trattati

I.1.4 Presenza di vincoli di carattere tecnico

I.2 Interventi per l'applicazione delle BAT

J) Fattibilità economica delle tecniche elencate analizzata attraverso analisi costi-benefici

K) Definizione dei criteri di individuazione e utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

K.1 La definizione di BAT

K.1.1 La direttiva 96/61/CE

K.1.2 Impatto ambientale e rischi

K.1.3 Fattibilità tecnico-economica

K.1.4 Processo decisionale per l'individuazione delle BAT

K.2 Criteri di individuazione delle BAT

K.2.1 Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti

K.2.2 Impiego di sostanze meno pericolose

K.3 Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale

K.4 Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico

K.5 Natura, effetti e volume delle emissioni

K.6 Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti

K.7 Tempo richiesto per l'adozione di una migliore tecnica disponibile

K.8 Consumo di risorse

K.9 Prevenzione e riduzione dell'impatto globale sull'ambiente

K.10 Prevenzione degli incidenti e minimizzazione degli effetti

L) Glossario

L.1 Abbreviazioni e acronimi

PREMESSA

Il presente documento riassume le proposte del Gruppo Tecnico Ristretto (GTR) sulla gestione dei rifiuti, istituito dalla Commissione Nazionale ex art. 3 comma 2 del D.Lgs 372/99, nell'ambito delle attività inerenti la redazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
Il GTR risulta così costituito:

- dott.ssa Rosanna Laraia (APAT, coordinatore) designata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Fabrizio De Poli (MATT) designato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Marco Di Basilio (ISPESL) e dott.ssa Loredana Musmeci (ISS), designati dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Di Masi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Guido Morini e dott. Paolo Cesco designati da Confindustria

Il documento è stato elaborato nell'ambito del sottogruppo "Impianti di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi" al quale hanno partecipato, oltre alla dott.ssa Rosanna Laraia, coordinatore del GTR, i seguenti esperti :

- Ing. Nadia Cipriani (APAT)
- Dott. Andrea Massimiliano Lanz (APAT)
- Dott.ssa Francesca Lucignano (APAT)
- Ing. Roberto Spampinato (APAT).

Ha collaborato ai lavori il dott. Renato Bargna (ECODECO).

A-Scopi e obiettivi

Con decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, di concerto con il Ministro delle Attività Produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come "IPPC"), per la redazione di linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD) meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("Best Available Techniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).

La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.

A livello comunitario la Commissione Europea (CE) ha istituito da tempo, ai fini dell'attuazione della suddetta direttiva, un apposito "ufficio IPPC" con sede presso il Centro Comunitario di Ricerche di Siviglia. L'ufficio in questione coordina una serie di gruppi tecnici cui spetta il compito di redigere dei documenti di riferimento per l'individuazione delle BAT, i cosiddetti "Best Available Techniques Reference documents", (BRefs).

Nel presente documento sono riportati i risultati dei lavori del GTR "Gestione dei rifiuti", sottogruppo "Impianti di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi". Tali impianti sono individuati dalla Direttiva IPPC nell'ambito delle operazioni di trattamento chimico-fisico (D9) di rifiuti pericolosi e non pericolosi e sono trattati nel documento Europeo "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", a cui si è fatto riferimento nella predisposizione delle presenti Linee Guida.

Scopo principale del documento è quello di costituire un riferimento sulle conoscenze tecniche e tecnologiche del settore specifico, che possa essere di aiuto sia all'operatore in sede di presentazione della domanda di autorizzazione integrata ambientale, sia all'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare la relativa autorizzazione. A tale fine si è cercato di fornire:

1. un quadro quanto più esaustivo dello stato attuale e delle prospettive riguardo ai processi ed alle tecnologie del trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi e dei fanghi;
2. una sintesi dei lavori svolti a livello europeo, le cui conclusioni sono riportate nel summenzionato BRef;
3. le informazioni riguardo agli attuali livelli di emissioni ed ai consumi di risorse (materie prime ed energia) del settore;
4. alcune linee guida su possibili tecniche che possono costituire BAT di riferimento a livello nazionale, tenuto conto della specifica situazione del settore in Italia.

Sulla definizione delle BAT, in particolare, si intende qui evidenziare che la loro applicabilità non può risultare di carattere generale, essendo fortemente influenzata dalla tipologia di rifiuti trattati e, soprattutto, dalla condizioni locali nel quale lo specifico impianto è o dovrà essere installato.

A tal riguardo di particolare rilevanza risulta essere l'aspetto relativo all'analisi costi-benefici delle BAT individuate, che assume un significato molto ampio e che deve includere i costi ed i benefici sia per gli operatori che per la collettività.

La fattibilità economica sia in sede di definizione che di valutazione, deve essere effettuata caso per caso, in quanto essa non può prescindere da fattori locali (ambientali, gestionali, territoriali, economici e sociali) riguardanti sia l'azienda (es.: dimensioni ed età dell'impianto) che la presenza o meno sul territorio interessato di servizi, infrastrutture o problematiche particolari che possono influenzare in maniera notevole la quantificazione di oneri e benefici (di tutti) e quindi, in ultima analisi, le scelte di carattere tecnico-gestionale dell'azienda.

Il presente lavoro si occupa specificatamente dei trattamenti finalizzati allo smaltimento dei rifiuti solidi comprendendo tra questi anche i fanghi ed i terreni contaminati che vengono trattati in impianti fissi (cosiddetti ex situ).

I trattamenti chimico – fisici presi in considerazione sono stati classificati nel seguente modo:

1. inertizzazione che comprende: la stabilizzazione/solidificazione ed i trattamenti termici ad alta temperatura;
2. altri trattamenti che comprendono: l'estrazione e separazione, il desorbimento termico, la disidratazione, la separazione meccanica.

Va, infine, segnalato che i trattamenti di tipo chimico-fisico riportati nelle presenti Linee guida rappresentano, generalmente, operazioni di pretrattamento per un successivo recupero o smaltimento del rifiuto; le prestazioni che tali operazioni di pretrattamento devono garantire vanno, pertanto, individuate in fase progettuale in funzione della specifica destinazione del rifiuto stesso.

B - Identificazione della normativa ambientale rilevante di settore
Di seguito, viene riportato un elenco non esaustivo della normativa comunitaria e nazionale in tema di gestione dei rifiuti e di riduzione dell'impatto sull'ambiente che può presentare risvolti sul settore del trattamento dei rifiuti.
L'elenco riportato non ha alcuna pretesa di completezza e non può pertanto costituire un riferimento da adottare nei procedimenti autorizzativi, anche alla luce del fatto che esso non include la normativa regionale, alla quale occorre attenersi per l'esercizio degli impianti.

B.1 Normativa Comunitaria

Direttiva 76/769/CEE del 27 luglio 1976 *concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 84/360/CEE del 28 giugno 1984 *concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.*
Direttiva 85/467/CE del 1° ottobre 1985 *recante sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di ammissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*
Direttiva 86/278/CEE del 12 giugno 1986 *concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura*
Direttiva 89/369/CEE dell'8 giugno 1989 *sulla prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 89/429/CEE del 21 giugno 1989 *sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti esistenti di incenerimento dei rifiuti urbani.*
Direttiva 91/271/CEE del 21 maggio 1991 *concernente il trattamento delle acque reflue urbane.*
Direttiva 91/689/CEE del 12 dicembre 1991 *relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 91/692/CEE del 23 dicembre 1991 *per la standardizzazione e la razionalizzazione delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente.*
Reg. (CEE) n. 793/93 del 23 marzo 1993 "*Valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
Reg. (CEE)n. 1488/94 del 28 giugno 1994 "*Principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, a norma del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio*".
Direttiva 94/31/CE del 27 giugno 1994 *che modifica la Direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 94/67/CE del 16 dicembre 1994 *sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi.*
Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 *sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.*
Decisione 96/350/CE del 24 maggio 1996 *che adatta gli allegati IIA e IIB della Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti.*
Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996 *relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose* (Seveso BIS).
Direttiva 96/59/CE del 16 settembre 1996 *concernente lo smaltimento dei Policlorodifenili e dei Policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Risoluzione 97/76/CEE del 24 febbraio 1997 *Strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti.*
Direttiva 99/31/CE del 26 aprile 1999 *relativa alle discariche dei rifiuti.*
Direttiva 2000/76/CE del 4 dicembre 2000 *relativa all'incenerimento dei rifiuti.*
Decisione 2000/532/CE del 3 maggio 2000 *che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art.1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti*

pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.
Direttiva 2000/53/CE del 18 settembre 2000 *relativa ai veicoli fuori uso.*
Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 *che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acqu.*
Direttiva 2000/59/CE del 27 novembre 2000 *relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico.*
Decisione 2001/68/CE del 16 gennaio 2001 *che definisce i parametri relativi ai PCB ai sensi dell'articolo 10, lettera a) della direttiva 96/59/CE concernente lo smaltimento dei policlorobifenili e policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Direttiva 2001/58/CE del 27 luglio 2001 *che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza).*
Decisione 2001/118/CE del 16 gennaio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti istituito dalla Decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/119/CE del 22 gennaio 2001 *che modifica la Decisione 2000/532/CE che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art. 1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*
Decisione 2001/573/CE del 23 luglio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/753/CE del 17 ottobre 2001 *relativa al questionario che gli Stati membri devono utilizzare per le loro relazioni sull'attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/151/CE del 19 febbraio 2002 *relativa ai requisiti minimi per il certificato di rottamazione rilasciato ai sensi dell'art. 5, paragrafo 3 della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/525/CE del 27 giugno 2002 *che modifica l'allegato II della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/1600/CE del 22 luglio 2002 *che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente.*
Decisione 2002/909/CE del 13 novembre 2002 *relativa alle norme italiane che dispensano dagli obblighi di autorizzazione gli stabilimenti o le imprese che provvedono al recupero dei rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 3 della direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*
Regolamento (CE) n. 2150/2002 del 25 novembre 2002 *relativo alle statistiche sui rifiuti*.
Decisione 2003/33/CE del 19 dicembre 2002, *che stabilisce criteri e procedure per l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi dell'articolo 16 e dell'allegato II della direttiva 1999/31/CE.*
Direttiva 2002/95/CE del 27 gennaio 2003 *sulla restrizione d'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche.*
Direttiva 2002/96/CE del 27 gennaio 2003 *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Decisione 2003/138/CE del 27 febbraio 2003 *che stabilisce norme di codifica dei componenti e dei materiali per i veicoli a norma della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Comunicazione della Commissione Europea del 27 maggio 2003, *Verso una Strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti* - Com(2003)301 definitivo.
Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004 *"Modifiche alla direttiva 94/62/Ce sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio"*

Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004 *concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente*
Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005 *"Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"*- Com(2005)666 definitivo.
Regolamento 782/2005/CE del 24 maggio 2005 *che stabilisce il formato per la trasmissione dei risultati delle statistiche sui rifiuti*
Regolamento 1445/2005/CE del 5 settembre 2005 *che definisce gli opportuni criteri di valutazione della qualità e i contenuti delle relazioni sulla qualità delle statistiche sui rifiuti ai fini del regolamento (CE) n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio*
Direttiva 2006/12/CE del 5 aprile 2006 *relativa ai rifiuti*
Regolamento 2006/1013/CE del 14 giugno 2006 *relativo alle spedizioni di rifiuti*

B.2 Normativa Nazionale

Normativa generale sui rifiuti e sugli impianti di trattamento rifiuti
Deliberazione del Comitato interministeriale 27 luglio 1984 *Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del decreto del Presidente della Repubblica* **10 settembre 1982 n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti**
D.Lgs 27 gennaio 1992, n. 99 *"Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura"*
Legge 27 marzo 1992, n. 257 "*Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto*".
Legge 28 dicembre 1993, n. 549 "*Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente*" (come modificata dalla **legge 16 giugno 1997, n. 179**).
D.M. 6 settembre 1994 *"Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto"*.
D.M. 29 ottobre 1997 "*Approvazione statuto CONAI*".
D.M. 5 febbraio 1998 "*Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli artt.31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22*".
D.M. 28 aprile 1998, n. 406 "*Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti*"
D.M. 15 luglio 1998 "*Approvazione statuti consorzi di filiera*".
D.M. 1 aprile 1998, n. 145 "*Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli artt.15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del D.Lgs. 22/97*".
D.M. 1 aprile 1998, n. 148 "*Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli artt. 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4 del D.Lgs. 22/97*".
D.M. 4 agosto 1998, n. 372 "*Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti*"
D.M. 3 settembre 1998, n. 370 "*Regolamento recante le norme concernenti le modalità di prestazione della garanzia finanziaria per il trasporto transfrontaliero dei rifiuti*".
Legge 9 dicembre 1998, n. 426 "*Nuovi interventi in campo ambientale*"
Legge 25 febbraio 2000, n. 33 "*conversione in legge con modificazioni del D.L. 30 dicembre 1999, n. 500 recante disposizioni urgenti concernenti la proroga di termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB nonché l'immediata attuazione di risorse finanziarie necessarie all'attivazione del protocollo di Kyoto*".
D.M. 25 febbraio 2000, n. 124 "*Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e*

co-incenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della Direttiva 94/67/CEE del Consiglio del 16 Dicembre 1994, e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del DPR 24 maggio 1988, n. 203 e dell'articolo 18, comma 2, lettera a), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22".
Legge 23 marzo 2001, n. 93 "*Disposizioni in campo ambientale*".
Legge 20 agosto 2001, n. 335 "*Conversione in legge del DL 16 luglio 2001, n. 286 recante differimento di termini in materia di smaltimento rifiuti*".
Legge 31 ottobre 2001, n. 399 "*Istituzione di una Commissione parlamentare di inchiesta sul ciclo dei rifiuti*".
Legge 21 dicembre 2001, n. 443 "*Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive*".
Direttiva Ministero dell'ambiente e tutela del territorio 9 aprile 2002 "*Indicazioni per la piena e corretta applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti*".
D.M. 12 giugno 2002, n. 161 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 22/97, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate*".
Legge 31 luglio 2002, n. 179, "*Disposizioni in materia ambientale*" (Collegato ambientale alla Finanziaria 2002).
DPCM 24 dicembre 2002 *Approvazione del nuovo modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2003*
D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 "*Attuazione della Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti*".
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 182, "*Attuazione della direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi ed i residui del carico*".
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 209, "*Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso*".
D.M. 8 maggio 2003, n. 203, "*Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30 % del fabbisogno medesimo*" (Green Public Procurement).
D.P.R. 15 luglio 2003, n. 254 "*Regolamento recante disciplina della gestione dei rifiuti sanitari a norma dell'articolo 24 della legge 31 luglio 2002, n. 179*".
Legge 31 ottobre 2003, n. 306 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee*" (Legge Comunitaria 2003).
D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell' elettricità*".
D.M. 29 luglio 2004, n. 248 "*Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto*".
Legge 15 dicembre 2004, n. 308 "*Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione*"
DPCM 22 dicembre 2004 "*Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2005 - cap. 1 sezione veicoli a fine vita o fuori uso*".
D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133 "*Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti*".
D.Lgs. 25 luglio 2005, n. 151 "*Attuazione della direttiva 2002/95/CE, della direttiva 2002/96/CE e della direttiva 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti*".
D.M. 3 agosto 2005 "*Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica*".

D.M. 17 novembre 2005, n. 269 *"Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi provenienti dalle navi, che è possibile ammettere alle procedure semplificate"*
D.Lgs 23 febbraio 2006, n. 149 *"Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs 24 giugno 2003, n. 209, recante attuazione della direttiva 2000/53/CE in materia di veicoli fuori uso".*
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale" , parte IV*
Decreto 5 aprile 2006, n.186 *" Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22"*
D. Lgs 29 aprile 2006, n. 217 *"Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti".*
Decreto 5 maggio 2006 "Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili"

Inquinamento atmosferico e contenimento emissioni
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 18*".
D.P.C.M. 21 luglio 1989 "*Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali*".
D.M. 12 luglio 1990 "*Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione*".
D.P.R. 25 luglio 1991 "*Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989*".
Legge 15 gennaio 1994, n. 65 "*Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992*".
D.M. 15 aprile 1994 "*Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 24 maggio 1991*".
D.M. 21 dicembre 1995 "*Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali*".
D.M. 19 novembre 1997, n. 503 "*Regolamento recante norme per l'attuazione delle Direttive CEE 89/369 e 89/ 429 concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari*".
D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351 "*Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente*".
D.M. 25 agosto 2000 "*Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203*".
D.M. 4 giugno 2001 "*Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337*".
D.P.C.M. 8 marzo 2002 "*Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione*".
D.M. 2 aprile 2002, n. 60 "*Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di*

azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio".
Legge 1° giugno 2002, n. 120 "*Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997*".
D.M. 20 settembre 2002 "*Attuazione dell'articolo 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico*".
Decreto 16 gennaio 2004, n. 44 "*Recepimento della direttiva 1999/13/CE relativo alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali ai sensi dell' art. 3, comma 2, del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203*".
Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171 *"Attuazione della direttiva 2001/81/Ce relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici"*
D.Lgs 21 maggio 2004, n. 183 *"Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria"*.
D.M. 26 gennaio 2005 *"Istituzione presso la Direzione generale per la salvaguardia ambientale del comitato tecnico previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171"*

Tutela delle risorse idriche
Legge 11 novembre 1996. n. 574 "*Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari"*.
D.M. 23 marzo 2000 recante "*Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico"*.
D.M. 28 luglio 2004 *"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*.
D.M. 12-6-2003 n. 185 *"Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*
D.M. 6 luglio 2005 *"Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152"*
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale"* , *parte III*

Valutazione Impatto Ambientale e IPPC
Legge 8 luglio 1986, n. 349 "*Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 "*Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 27 dicembre 1988 "*Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377*".
D.P.R. 12 aprile 1996 "*Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale*".
D.P.R. 11 febbraio 1998 "*Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6*".
D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348 "*Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere*".

D.P.C.M. 3 settembre 1999 "*Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale*".
D.M. 23 novembre 2001 "*Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372*" (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES).
D.M. 26 aprile 2002 "*Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999*".
Legge 1° marzo 2002, n. 39 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee*" (Legge Comunitaria 2002).
D.M. 19 novembre 2002 "*Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999*".
D.L. 24 dicembre 2003, n. 355 così come convertito con modificazioni in **legge 27 febbraio 2004, n.47** "*Proroga di termini previsti da disposizioni legislative*".
D.M. 1° aprile 2004 "*Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale*".
D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 "*Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento*" (IPPC).

Sicurezza e Igiene del Lavoro
D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547 "*Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*".
D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 "*Norme generali per l'igiene del lavoro*".
Legge 5 marzo 1990, n. 46 "*Norme per la sicurezza degli impianti*".
D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447 "*Regolamento di attuazione della legge 46/90 in materia di sicurezza degli impianti*".
D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 "*Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".
D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 "*Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale*".
D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242 "*Modifiche ed integrazioni al Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante l'attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".
D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493 "*Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro*".
D.M. 10 marzo 1998 "*Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro*".
D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 66 "*Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro" (TITOLO VII del D.Lgs. 626/94).*
D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25 "*Attuazione della direttiva 1998/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro*".
D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233 "*Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive*" (TITOLO VIII-bis del D.Lgs. 626/94).
D.Lgs. 23 giugno 2003, n. 195 "*Capacità e requisiti professionali richiesti agli addetti ed ai responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori*".
D.Lgs. 8 luglio 2003, n. 235 "*Requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori*".

D.M. 26 febbraio 2004 *"Definizione di una prima lista di valori limite indicativi di esposizione professionale agli agenti chimici".*
D.M. 3 novembre *2004* *"Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio".*
D.Lgs.19 agosto 2005, n. 187 *"Attuazione della direttiva 2002/44/Ce sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche".*

Inquinamento acustico
D.P.C.M. 1° marzo 1991 "*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*".
Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "*Legge quadro sull'inquinamento acustico*".
D.M. 11 dicembre 1996 "*Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo*".
D.P.C.M. 14 novembre 1997 "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*".
D.M. 16 Marzo 1998 "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*".
D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 *"Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto".*
D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194 *"Attuazione della direttiva 2002/49/Ce relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".*

Sostanze pericolose
R.D. 18 giugno 1931, n. 773 "*Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza*".
D.M. 3 dicembre 1985 "*Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delleComunità europee*".
D.M. del 23 febbraio 1988, n. 84 "*Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi*".
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 216 "*Attuazione della direttiva CEE 85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 76/769 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183*".
D.M. 11 febbraio 1989 "*Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB*".
D.M. 17 gennaio 1992 "*Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT)*".
D.M. 29 luglio 1994 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 89/677, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 febbraio 1994, n. 146*".
D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52 "*Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".
D.M. 4 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza*".

D.M. 28 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".
D.M. 12 agosto 1998 "*Recepimento delle direttive 94/60/CE, 96/55/CE, 97/10/CE, 97/16/CE, 97/56/CE e 97/64/CE recanti modifiche alla direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi* ".
D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 174 "*Disciplina sanzionatoria per le violazioni delle disposizioni del regolamento (CEE) n. 793/93 relativo alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 209 "*Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili*".
D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334 "*Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose*".
D.M. 26 gennaio 2001 "*Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva 2000/32/CE*".
D.M. 11 aprile 2001 "*Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose*".
D.M. 11 ottobre 2001 *"Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento"*.
D.M. 7 settembre 2002 "*Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio*".
D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65 "*Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi*".
D.M. 3 luglio 2003, n. 194 *"Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE del 22 dicembre 1998 della Commissione, che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE del Consiglio relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose"*.
D.Lgs. 25 luglio 2006, n. 257 *"Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro"*

C - Ricognizione della situazione del settore, con particolare riferimento alle specificità del tessuto industriale nazionale.

Al fine di tracciare un quadro di riferimento sulla situazione impiantistica in Italia, relativamente al trattamento chimico-fisico dei rifiuti, appositi censimenti vengono condotti e pubblicati, nei Rapporti annuali sulla gestione dei rifiuti, dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici.

D - Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili

Di seguito vengono descritti i principali processi di trattamento chimico – fisico di rifiuti solidi inclusi i terreni contaminati, approfondendo in particolare i processi di inertizzazione che trovano più ampia applicazione a livello nazionale.
Riguardo agli altri processi se ne fornisce una sintetica descrizione, anche in considerazione del fatto che tali trattamenti vengono, tipicamente, utilizzati nel campo delle bonifiche dei siti contaminati ricadenti nell'ambito di applicazione della normativa dello specifico settore.
Va segnalato che i trattamenti di tipo chimico-fisico rappresentano, generalmente, operazioni di pretrattamento per un successivo recupero o smaltimento del rifiuto; le prestazioni che tali operazioni di pretrattamento devono garantire vanno, pertanto, individuate in fase progettuale in funzione della specifica destinazione del rifiuto stesso.

D1 - Inertizzazione

D 1.1 Introduzione
I processi di inertizzazione (ed in particolare i cosiddetti processi di "stabilizzazione e solidificazione") sono impiegati nel trattamento di una vasta gamma di rifiuti pericolosi e non pericolosi e consentono di ridurre sensibilmente il rilascio di alcune sostanze inquinanti presenti nel rifiuto stesso, attraverso la formazione di composti insolubili che creano una struttura polimerica o cristallina stabile, in grado di imprigionare gli elementi tossici (stabilizzazione); tali processi, inoltre, migliorano le caratteristiche del rifiuto facilitandone la gestione, in quanto quest'ultimo viene trasformato in un prodotto solido, in genere con buona resistenza meccanica e bassa permeabilità. Il processo di stabilizzazione agisce sullo stato chimico-fisico dei rifiuti per mezzo di appositi additivi modificando la pericolosità delle sostanze contenute nei rifiuti stessi e trasformando, in genere, i rifiuti pericolosi in rifiuti non pericolosi.
Se, in seguito al processo di stabilizzazione, le componenti pericolose non vengono completamente trasformate in sostanze non pericolose e possono risultare ancora disperdibili nell'ambiente nel breve, medio o lungo periodo il rifiuto è, invece, da considerarsi solo parzialmente stabilizzato.
In tutti i processi di inertizzazione, si procede alla miscelazione del rifiuto o del terreno contaminato con leganti o altri reagenti chimici; gli additivi utilizzabili possono essere sia di natura inorganica che organica. I processi di inertizzazione possono costituire l'unica fase di trattamento del rifiuto liquido o solido o del terreno contaminato, ovvero essere adottati come trattamenti integrativi di altri processi (per esempio di lavaggio o incenerimento).
In ogni caso, essi sono classificabili, a seconda dei reagenti utilizzabili, in:

1. processi a base di reagenti inorganici (cemento - a base neutra o acida, calce, argilla);
2. processi a base di reagenti organici (sostanze termoplastiche, polimeri organici, composti macroincapsulanti).

Nel seguito verranno brevemente descritte le tecnologie di inertizzazione attualmente disponibili.

D1.2 Processi a base di cemento
Nei trattamenti di solidificazione-stabilizzazione viene utilizzato principalmente il cemento Portland ordinario, anche se non mancano esempi di impiego di altri tipi, come il cemento pozzolanico.
I meccanismi chimico-fisici che si instaurano allorché un rifiuto viene trattato con leganti cementizi sono molto complessi e in alcuni casi ancora in fase di studio. In base ai risultati di questi studi è possibile ipotizzare una serie di meccanismi che hanno una certa probabilità di verificarsi nel trattamento di un rifiuto.

Tali meccanismi possono essere suddivisi a seconda che l'immobilizzazione dell'inquinante sia di tipo chimico oppure fisico.
Nella fissazione chimica intervengono reazioni di precipitazione di idrossidi insolubili di metalli pesanti, reazioni di complessazione con formazione di silico-alluminati insolubili di metalli pesanti e reazioni di adsorbimento di cationi liberi;
Nella fissazione fisica si ha, invece, un intrappolamento fisico di tutte le sostanze, comprese quelle non reattive, all'interno della matrice cementizia.

D1.3 Processi a base di calce
Questi processi consistono nell'utilizzo, come reagenti stabilizzanti, di calce e materiali silicei a grana fine come le pozzolane.
Attraverso la reazioni tra la calce, l'allumina e la silice, si ha la formazione di miscele di gel, responsabili del microincapsulamento dell'inquinante. Inoltre i materiali pozzolanici hanno una grande affinità nei confronti delle reazioni di scambio ionico: tale capacità potrebbe favorire il legame sia con la calce che con gli ioni metallici contenuti nel rifiuto da inertizzare.

D1.4 Processi a base di argilla
Sono processi di inertizzazione che sfruttano le attitudini di alcuni minerali argillosi allo scambio cationico, ovvero alla fissazione di metalli pesanti per scambio con ioni mobili (Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) presenti nel reticolo cristallino dell'argilla. Solo le argille, che possiedono questa caratteristica in maniera accentuata e che hanno una elevata superficie specifica, sono adatte per il trattamento dei rifiuti. Tra esse si possono citare la vermiculite e le montmorilloniti.
I processi a base di argille sono meno sensibili alle variazioni di pH rispetto alla procedura di trattamento con $Ca(OH)_2$, ma la loro efficacia non è in ogni caso comparabile con l'inertizzazione ottenuta con leganti idraulici.
Questo è dovuto al fatto che, mentre in quest'ultimo caso gli ioni dei metalli tossici sono inglobati all'interno del gel e sono quindi estremamente protetti rispetto all'eluizione, l'adsorbimento sulle microparticelle di argilla è un fenomeno di superficie e gli ioni dei metalli tossici possono essere rilasciati abbastanza facilmente qualora, ad esempio, nel caso di allocazione in discarica il percolato raggiunga elevate concentrazioni di ioni di metalli alcalini (Na^+ e K^-) o alcalino terrosi (Ca^{2+} e Mg^{2+}).
L'utilizzo di questa tecnica di inertizzazione, ai fini del successivo smaltimento dei rifiuti in discarica, è, quindi, strettamente vincolato alle caratteristiche degli altri rifiuti posti a dimora; nessuno di questi rifiuti deve, infatti, essere in grado di rilasciare elevate concentrazioni di ioni solubili, anche se assolutamente non tossici, come quelli sopra riportati.
In alcuni casi, la bentonite, che appartiene alla famiglia delle montmorilloniti, è utilizzata in aggiunta ad un legante, ad esempio cemento Portland, nel trattamento dei rifiuti pericolosi. In questi processi, data la notevole affinità delle bentonite nei confronti dell'acqua, si forma un mezzo gelatinoso la cui proprietà legante nei confronti del rifiuto è accresciuta dall'azione del cemento.

D1.5 Processi a base di sostanze termoplastiche
In questi processi si usano sostanze capaci di indurire o rammollire reversibilmente con la variazione della temperatura. Si tratta di sostanze organiche polimeriche tra le quali sono disponibili: asfalto, bitume, paraffina, polietilene, polipropilene, nylon. I materiali più frequentemente utilizzati sono asfalto e bitume.
Il trattamento avviene mescolando, ad alta temperatura (superiore ai 100 °C,) il rifiuto precedentemente essiccato con gli additivi sopra menzionati. La miscela viene poi lasciata raffreddare e solidificare.
Il processo imprigiona l'inquinante con un meccanismo puramente fisico.

D1.6 Processi a base di polimeri organici

Questi processi consistono nel miscelare al rifiuto un monomero (il più comune è l'urea formaldeide ma sono impiegati anche poliestere, melammina, resine fenoliche) che, in presenza di un catalizzatore, polimerizza, incapsulando nella struttura polimerica le sostanze contenute.

Sono, come i precedenti, trattamenti che fissano il rifiuto attraverso un meccanismo di tipo fisico. Il materiale polimerizzato non si combina chimicamente con il rifiuto ma forma una massa spugnosa che intrappola le particelle solide.

D1.7 Processi a base di composti macroincapsulanti

Sono processi che danno luogo alla formazione di un prodotto finale costituito da una struttura composita di resine organiche. Generalmente le particelle inquinanti vengono agglomerate da resine termoindurenti e incapsulate da resine termoplastiche. Ad esempio, vengono utilizzate resine polibutadieniche fuse che formano con il rifiuto una miscela, che, dopo raffreddamento, viene ricoperta con polietilene ad alta densità fuso, in modo da creare un involucro esterno ad alta resistenza. Il processo comporta costi elevati.

D1.8 Vetrificazione

Rifiuti particolarmente pericolosi possono essere miscelati con silice e sottoposti a vetrificazione.. Questo tipo di trattamento consente di ottenere un prodotto solido e compatto, sicuro dal punto di vista del rilascio di sostanze inquinanti. Il processo comporta costi elevati.

D1.9 Altri processi

Si tratta in genere di processi innovativi e per la maggior parte ancora in fase sperimentale:

- autocementazione
- innocuizzazione delle ceneri volanti e dell'amianto con processi ad arco elettrico o plasma
- produzione di materiali ceramici sintetici
- utilizzo di ceneri vetrificate
- inglobamento in matrici di rivestimento

Ci sono, inoltre, altri processi chimico-fisici che possono essere utilizzati al fine di rimuovere specifici contaminanti; tra questi si cita, ad esempio, lo strippaggio, applicabile al trattamento di solidi contaminati da sostanze volatili (VOC, SVOC).

D1.10 - Meccanismi chimico-fisici di processo

D 1.10.1 - Processi a base di reagenti inorganici - Meccanismi chimico- fisici di processo

I processi si differenziano per i meccanismi di fissazione, per le interazioni tra i contaminanti ed il cemento e per le tipologie di additivi utilizzate.

I meccanismi di fissazione dei contaminanti sono molto complicati e difficili da definire in dettaglio, a causa della complessità della matrice solida e della varietà dei contaminanti generalmente presenti; essi, inoltre, dipendono dalla tipologia del processo considerato ed in particolare se tale processo è a base neutra o acida.

Nei processi a base neutra, in funzione della sostanza considerata e delle condizioni operative, si possono avere meccanismi di fissazione chimica e fisica.

La fissazione chimica comprende:

- precipitazione: l'aggiunta di cemento fa aumentare la concentrazione di ioni calcio, i quali formano con gli anioni presenti sali con scarsa solubilità che precipitano facilmente favorendo così la solidificazione. L'alcalinità dell'ambiente consente anche la formazione e la precipitazione di idrossidi insolubili di metalli pesanti

- Complessazione: in condizioni di pH basico (come quelle che si creano con l'addizione del cemento), si ha la possibilità che i composti idrati semplici formino complessi insolubili (soprattutto alluminati) capaci di legare numerosi anioni (alogenuri, NO^-_3, MnO^-_4, ecc). Inoltre, il silicato tricalcico reagisce con ossidi e idrossidi di metalli formando idrossidi complessi (ad esempio, con lo zinco forma Ca $[Zn(OH)_3 \bullet H_2O]_2$). Altri metalli fissabili dal silicato tricalcico sono: rame, cromo trivalente, ferro, nichel, manganese, arsenico
- Adsorbimento: è un processo d'importanza non trascurabile, atteso il fatto che all'idratazione del cemento si accompagna un notevole incremento della sua superficie specifica, che si trova in condizioni di attivazione per la presenza di silice. Ciò rende possibili reazioni di adsorbimento che portano, in genere, alla formazione di composti meno solubili. Le reazioni di adsorbimento possono dare origine a legami di tipo ionico, covalente, forze di Van der Waals; tipico è il legame covalente che si verifica tra l'ossigeno (anione legato al reticolo dei silicati) e numerosi cationi liberi in soluzione.

La fissazione fisica avviene, invece, per intrappolamento fisico di tutte le sostanze (comprese quelle non reattive) all'interno della matrice.
I processi a base acida sono caratterizzati dal fatto che il rifiuto di partenza viene portato (quando non lo sia già) in condizioni di pH fortemente acido. Anche in questo caso si hanno meccanismi di fissazione chimica e fisica.
Nella fissazione chimica, l'immobilizzazione dei contaminanti ad opera di legami chimici viene eseguita grazie ad una precisa successione delle fasi di dosaggio dei reagenti:

- acidificazione del rifiuto a valori di pH compresi tra 1 e 2,5, al fine di conseguire la solubilizzazione completa dei cationi metallici. Può essere utilizzato in questa fase un qualunque acido inorganico (H_2SO_4, HCl, HNO_3): nei processi di trattamento di terreni contaminati, on site/off site vengono spesso usati rifiuti liquidi acidi
- formazione dell'acido silicico monomero, mediante aggiunta alla soluzione acida di scorie d'altoforno (loppa) o di fonderia (contenenti silicati) e di altro acido di scarto per vincolare il pH in un campo compreso tra 1 e 2,5. Tale campo è indispensabile per mantenere stabile l'acido silicico monomero, premessa per un'efficace fissazione dell'inquinante
- polimerizzazione dell'acido silicico, per effetto dell'aggiunta di latte di calce o di soda. Durante la polimerizzazione, il gruppo Si(OH) si deprotona legando nelle sue catene gli ioni dei metalli presenti.

La fissazione fisica, dal canto suo, viene realizzata attraverso la cementazione per aggiunta di loppa e calce al polimero siliceo preformato.
Va rilevato che i contaminanti presenti nel rifiuto possono interagire con il cemento, durante le reazioni di idratazione, andando ad influenzare le caratteristiche finali del materiale inertizzato. I meccanismi di interferenza sono così riassumibili:

- adsorbimento: le molecole vengono adsorbite dalle particelle cristalline ostacolando il normale processo d'idratazione
- complessazione: agenti complessanti reagiscono con gli ioni alluminato e ferrito mantenendoli in soluzione e ritardando così l'idratazione
- precipitazione: la formazione di composti insolubili ostacola il trasporto di acqua, ritardando le reazioni di idratazione
- nucleazione: l'adsorbimento delle sostanze contaminati sui nuclei di idrossido di calcio ne impedisce la crescita e quindi favorisce la formazione di nuovi nuclei nella soluzione satura; un numero così elevato di nuclei, ovvero di siti disponibili per le reazioni di idratazione, porta, dopo il ritardo iniziale, ad una veloce idratazione del silicato tricalcico e alla cristallizzazione dell'idrossido di calcio stesso.

A livello di reazioni d'idratazione, le sostanze presenti nel rifiuto (o nel terreno) sottoposto a

trattamento possono agire da acceleranti o ritardanti a seconda che favoriscano o meno la nucleazione; in termini di caratteristiche finali il prodotto potrà risultare più o meno compatto, più o meno resistente alle sollecitazioni meccaniche e/o potrà risultare modificato in alcune sue particolari proprietà (per esempio, la permeabilità).
Al fine di inibire gli effetti negativi che alcuni composti esercitano sui meccanismi di presa e sulle caratteristiche fisico-meccaniche, devono essere dosate, assieme ai reagenti leganti, apposite sostanze (additivi) che, in genere, partecipano anche al processo d'immobilizzazione dei contaminanti, ma che in alcuni casi servono solo ad impedire i fenomeni di interferenza. Gli additivi, inoltre, possono essere dosati in quantità limitate oppure significative rispetto al reagente principale. In quest'ultimo caso, si tende a ridurre l'incremento di volume del prodotto finale e ad aumentare la possibilità di trattare rifiuti o terreni ad alto contenuto d'inquinanti, correndo però il rischio di ottenere un materiale che non ha, in pratica, consistenza e non oppone barriere fisiche all'eluente.
Tra i più comuni additivi si hanno i silicati solubili, i solfuri (ad esempio di sodio), i materiali pozzolanici naturali o artificiali, le sostanze adsorbenti (argille, zeoliti, ecc) e altri additivi coperti da brevetto. Possono, inoltre, essere impiegati additivi fluidificanti per tenere basso il rapporto acqua/cemento nell'impasto.
Per poter applicare i processi di inertizzazione a base di cemento anche in presenza (più o meno marcata) di contaminanti organici, vengono proposti diversi tipi di additivi, che, una volta premiscelati con il rifiuto, esplicano un'azione adsorbente sui contaminanti organici, riducendone gli effetti negativi sul processo di idratazione del cemento. Tra gli additivi più utilizzati vi sono le argille QAS (montmorilloniti scambiate con sali quaternari di ammonio); tali argille, se modificate scambiandole con cationi alchilammonici, aumentano la capacità di adsorbimento delle molecole organiche di oltre il 95%. L'applicazione di argille QAS modificate ha consentito di operare con contenuti di contaminanti organici (solventi ed ammine) superiori al 12%. Nel trattamento di terreni contaminati, l'applicazione di argille QAS scambiate si è rivelata efficace su diversi composti organici, anche a pH acidi ed in presenza di metalli pesanti. Oltre alle argille QAS sono stati proposti altri additivi (carboni attivi, vermiculite, terre di diatomee. zeoliti, polimeri organici) per adsorbire i composti organici prima dell'inertizzazione, benché non si abbiano notizie di un loro utilizzo pratico nel settore del trattamento dei rifiuti e dei terreni contaminati. Si hanno infine diversi additivi coperti da brevetto, che sono stati applicati soprattutto a terreni con contenuto di sostanza organica fino al 30%.

D 1.10.2 - Processi a base di reagenti organici - Meccanismi chimico fisici di processo
Non tutti i contaminanti possono essere trattati efficacemente con i processi di inertizzazione a base cementizia; la maggior parte di tali processi è, infatti, applicabile solo a contaminanti di natura prevalentemente inorganica. Alcuni trattamenti sono però in grado di immobilizzare anche talune tipologie dì inquinanti organici, mediante l'aggiunta di additivi specifici che svolgono sulla frazione organica un'azione microincapsulante o adsorbente.
Le difficoltà di smaltimento finale dei residui solidi (prodotti dai trattamenti di depurazione dei fumi, ceneri volanti residui dell'assorbimento ecc.), legate essenzialmente alla presenza ed alla mobilità di alcune componenti tossiche, rendono di particolare interesse alcune possibilità di trattamento finalizzate alla riduzione del loro grado di nocività. A tale scopo le alternative potenzialmente applicabili possono suddividersi, in base al principio che regola l'intervento stesso, in due categorie:

1. riduzione della mobilità degli elementi tossici tramite incapsulamento in una matrice solida stabile (inertizzazione: stabilizzazione/solidificazione); i processi di più comune applicazione sono costituiti da trattamenti a base di leganti idraulici mentre sono meno usati i processi in cui gli elementi tossici precipitano sotto forma di sali altamente insolubili, senza tuttavia provvedere allo sviluppo di fenomeni di solidificazione. Questa categoria ottiene come risultati:

- la fissazione degli elementi tossici all'interno della struttura tridimensionale, che si forma dopo opportuna maturazione
  - la riduzione della superficie specifica esposta al contatto con le acque di percolazione, con conseguente minimizzazione del rilascio di sostanze nocive
2. estrazione totale o parziale degli elementi tossici dal rifiuto, con contestuale recupero di una frazione inerte (detossificazione o innocuizzazione). A questa categoria appartengono quei trattamenti orientati alla riduzione della nocività dei residui tramite la estrazione degli elementi tossici, con produzione di un solido altamente innocuizzato e di una frazione contenete i metalli separati potenzialmente riutilizzabile. Possono essere di due tipi:
  - chimici
  - termici.

A seconda del tipo di reagente, i processi sono classificabili in:

- processi a base di sostanze termoplastiche. In questi processi si usano sostanze capaci di indurire o rammollire reversibilmente con la variazione di temperatura. Si tratta di sostanze organiche polimeriche tra le quali sono disponibili: asfalto, bitume, paraffina, polietilene, polipropilene, nylon. I materiali utilizzati più frequentemente sono asfalto e bitume
- Processi a base di polimeri organici. Consistono nel miscelare al rifiuto da trattare un monomero (il più comune è l'urea formaldeide, ma sono impiegabili anche poliestere, melammina e resine fenoliche) che in presenza di un catalizzatore polimerizza, incapsulando nella struttura polimerica le sostanze inquinanti
- Processi a base di composti macroincapsulanti. Prevedono la formazione di un prodotto finale costituito da una struttura composita di resine organiche. Generalmente le particelle di terreno contaminato vengono agglomerate da resine termoindurenti ed incapsulate da resine termoplastiche. Sono ad esempio usate resine polibutadieniche fuse che formano col terreno una miscela, la quale dopo raffreddamento viene ricoperta con polietilene ad alta densità fuso in modo da creare un involucro esterno di notevole resistenza.

Tutti i processi sopra descritti fissano i contaminanti attraverso un meccanismo fisico. La loro applicazione ai rifiuti ed ai terreni contaminati, seppur potenzialmente efficace, ha trovato fino ad oggi limitate applicazioni in scala reale (in particolare nel caso dei processi a base di sostanze termoplastiche) soprattutto a causa degli elevati costi. Va rilevato che tali trattamenti sono stati, originariamente, sviluppati per lo smaltimento in sicurezza di rifiuti a bassa radioattività.

D.1.11 Vantaggi e svantaggi dei trattamenti di inertizzazione

I fattori che determinano la possibilità di trattare efficacemente un certo rifiuto mediante il trattamento di solidificazione/stabilizzazione sono molteplici.

La scelta del sistema di trattamento più idoneo va effettuata tenendo presenti i seguenti aspetti:

- caratteristiche chimico-fisiche del rifiuto;
- compatibilità tra rifiuti di tipo diverso;
- compatibilità tra rifiuto e reagenti;
- efficacia del trattamento ovvero effettiva capacità dei reagenti di immobilizzare le sostanze inquinanti;
- livello di compatibilità ambientale richiesto per il rifiuto dopo trattamento;
- possibili utilizzi e periodo di vita richiesto al manufatto prodotto con il rifiuto;
- requisiti di compatibilità ambientale richiesti al termine della sua vita prevista;
- valutazione economica dei costi.

L'efficacia del trattamento va valutata con prove di laboratorio che siano in grado di indicare la lisciviabilità degli inquinanti dal rifiuto inertizzato.

I principali vantaggi e svantaggi dei processi di inertizzazione che utilizzano reagenti inorganici

sono riportati in tabella 1

Tabella 1 – Vantaggi e svantaggi dei processi di inertizzazione a base di cemento e calce

Vantaggi	Svantaggi
Reagenti a costo ragionevole e facilmente reperibili	possibilità di ri-dissoluzione in presenza di forti concentrazioni acide
tecnologia semplice e ampiamente applicata, con costi di investimento contenuti	in alcuni casi sono richiesti elevati quantitativi di reagenti
controllabilità e flessibilità del processo: le proprietà fisiche dei rifiuti trattati possono essere variate in funzione delle quantità di reagenti addizionati	sensibile aumento di volume del rifiuto inertizzato rispetto al grezzo
Possibilità di riciclaggio dei prodotti di alcuni processi	

Il processo prevede una fase preliminare volta all'individuazione dei parametri critici e delle prestazioni del sistema tra cui:

- tipologia, combinazione e dosaggio degli agenti stabilizzanti e degli additivi da utilizzare
- tipologie di pretrattamento
- modalità e tempi ottimali di miscelazione e di maturazione
- controllo delle eventuali emissioni liquide e gassose del processo
- caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche del materiale inertizzato.

Un rischio ambientale indotto dai processi di inertizzazione è rappresentato dalla possibile generazione di emissioni gassose di composti volatili tossici durante le fasi di miscelazione del rifiuto con gli additivi; in tal caso dovrebbe essere previsto un sistema di captazione e trattamento di tali emissioni gassose.
Dalla descrizione dei processi di inertizzazione emerge che:

- i processi a base di reagenti inorganici consentono il trattamento di una vasta gamma di tipologie di rifiuti
- i meccanismi di fissazione nei processi a base di reagenti organici sono riconducibili all'intrappolamento fisico e la loro efficacia è generalmente elevata.

D.2 - I trattamenti termici

Gli impianti di trattamento termico prevedono la presenza di più sezioni di trattamento poste in serie o in parallelo in relazione alle caratteristiche dei materiali inquinanti da trattare e dei quantitativi da decontaminare.
Sia gli impianti di desorbimento termico sia quelli di termodistruzione sono basati su uno schema impiantistico tecnologico generale che prevede tre comparti di trattamento:

1. comparto pre-trattamenti ed alimentazione
2. comparto di trattamento termico e/o distruzione e/o rimozione delle sostanze inquinanti (prima e seconda fase del processo)
3. comparto di raffreddamento e/o recupero termico e controllo e raccolta delle emissioni (residui di trattamento solidi, liquidi e gassosi).

Il primo comparto comprende le unità tecnologiche di pretrattamento: stoccaggio, vagliatura, triturazione, miscelazione, preessiccamento, alimentazione al comparto di trattamento termico, ecc..
Il secondo comparto comprende, invece, il sistema di trattamento di termocombustione o desorbimento vero e proprio ed i sistemi di distruzione e/o rimozione degli inquinanti presenti nella fase gassosa: camera di combustione o desorbimento, eventuale camera di post combustione o unità di condensazione/recupero, unità di abbattimento degli inquinanti presenti in fase gassosa, ecc.
Vi è, infine, il comparto di raffreddamento che comprende: gli impianti preposti allo scambio termico tra i prodotti gassosi del trattamento ed al recupero energetico, le unità di raccolta e

stoccaggio dei residui solidi e liquidi di processo, le unità di controllo in continuo delle emissioni gassose, ecc.
Di seguito vengono descritte, nel dettaglio, le principali tecnologie adottate per gli impianti di desorbimento termico e per quelli di termodistruzione.

D 2.1 - Desorbimento termico e termodistruzione
I processi di desorbimento termico sono applicati, prevalentemente, al trattamento dei terreni contaminati e sono finalizzati alla vaporizzazione dei contaminanti organici volatili e semivolatili in essi presenti. Operano, in una fase primaria, una semplice evaporazione di questi composti; a differenza dei trattamenti di termodistruzione, infatti, le condizioni di funzionamento (livelli di temperatura, tempi di residenza) sono tali da garantire la sola volatilizzazione degli inquinanti, senza cioè ossidarli né distruggerli. Una volta volatilizzati, i composti organici possono essere, in una fase secondaria, variamente trattati.
Il processo di desorbimento termico, come precedentemente descritto, consiste nella volatilizzazione delle sostanze inquinanti a temperature comprese tra i 90 ed i 650 °C e nella successiva rimozione mediante un fluido di trasporto costituito dall'aria di combustione o da gas inerte.
Il processo non è finalizzato all'ossidazione termica/distruzione degli inquinanti organici, sebbene le elevate temperature adattate in alcuni sistemi possano provocare anche fenomeni localizzati di ossidazione.
I trattamenti termici consentono di risanare terreni contaminati da sostanze organiche e, in talune tipologie di processo, anche di rimuovere (quando vaporizzabili e poi ossidabili a basse temperature) o immobilizzare efficacemente le sostanze inorganiche. Essi possono essere effettuati in impianti fissi (off site), mobili o trasportabili (on site) e possono essere condotti direttamente in situ mediante l'energizzazione del suolo con appositi elettrodi.
A seconda dello schema di processo e delle modalità operative, i trattamenti termici possono essere classificati in due distinte categorie:
- trattamenti di desorbimento termico
- trattamenti di termodistruzione.

Le due tipologie di processo si differenziano, essenzialmente, per la modalità di conduzione della prima fase di trattamento, quella cioè sulla matrice solida del terreno. Essa, infatti, può:
- limitarsi ad una semplice vaporizzazione/pirolisi dei composti volatili, con temperature in genere variabili tra 90 e 650°C, come, appunto, nel caso dei processi di desorbimento termico
- spingersi fino ad un trattamento di termodistruzione convenzionale) con temperature variabili da un minimo di 600 °C ad oltre 2.000 °C per i sistemi che prevedono, dapprima, la fusione e, quindi, la vetrificazione del terreno), soprattutto in caso di elevate concentrazioni di contaminanti organici di notevole pericolosità e stabilità termica e/o quando si rende necessario immobilizzare, nel materiale vetrificato, gli eventuali contaminanti inorganici (in genere metalli pesanti)

I suddetti processi portano all'ottenimento di un terreno decontaminato avente caratteristiche differenti:
- il terreno trattato al di sotto di 460°C, subisce un parziale deterioramento in seguito alla mineralizzazione della frazione organica ed alla trasformazione e riorganizzazione degli ossidi di ferro ed alluminio. Tale deterioramento non pregiudica, comunque, il riutilizzo agronomico del terreno medesimo, tenuto conto della ricostituzione naturale (nel giro di poche stagioni) della sostanza organica o della possibilità di apportare tale sostanza organica dall'esterno (per esempio, mediante l'aggiunta di ammendanti organici)
- il terreno trattato al di sopra di 500 °C e fino a 900°C, va incontro alla perdita degli ossidrili dalle argille e alla dissociazione dei bicarbonati, con danni irreversibili sia alla struttura

minerale che alle caratteristiche chimiche e nutrizionali. Il suo utilizzo non può, quindi, più essere di tipo agronomico, ma esclusivamente come materiale da riporto o riempimento

- il terreno trattato al di sopra di 900 °C arriva al punto di fusione: si ottiene così, una volta raffreddato, un prodotto vetrificato.

D 2.1.1 Modalità di riscaldamento del terreno

I diversi sistemi di trattamento si differenziano, quasi esclusivamente, per il tipo di unità di desorbimento utilizzata.

Unità di desorbimento a riscaldamento diretto

Il rifiuto (terreno contaminato) viene riscaldato attraverso l'intimo contatto diretto con un vettore di calore. Questo è, comunemente, un combustibile ausiliario che viene bruciato all'interno di un tamburo rotante (che costituisce, quindi, l'unità di desorbimento), laddove si può anche prevedere il ricircolo dei fumi depurati della zona di post combustione (quando questa sia presente); la temperatura di processo è generalmente superiore a 420°C. Sono state, però, effettuate anche delle prove dimostrative di desorbimento in letto fluido, all'interno del quale il terreno viene sottoposto ad intimo contano con un flusso di aria calda (540-760 °C) immessa (in equicorrente al terreno) dal fondo del letto: la temperatura di processo, in questo sistema (denominato DAVES, "Desorption and Vapor Extraction System"), è intorno a 160 °C. Nei processi di desorbimento a riscaldamento diretto, i gas in uscita dalla camera di desorbimento, che devono essere inviati all'apposito sistema di depurazione, sono, allora, costituiti non soltanto dal vapore e dai prodotti volatili rilasciati dal terreno, ma anche dai fumi generati dalla combustione del combustibile ausiliario (nel caso del tamburo rotante), o dall'aria riscaldata (nel caso del letto fluido).

Unità dì desorbimento a riscaldamento indiretto

Il rifiuto (terreno contaminato) è posto a contatto con delle superfici metalliche riscaldate; il trasferimento del calore al suolo avviene, pertanto, a seguito dello scambio termico con queste superfici. L'unità di desorbimento produce, in questo caso, una minor quantità di emissioni gassose, costituite, quasi esclusivamente, da vapore e dagli inquinanti rilasciati; si hanno, pertanto, dimensioni più contenute del sistema di depurazione. Generalmente il trattamento è effettuato a temperature comprese tra 175 °C e 370 °C ma il range operativo può andare dai 90 °C ai 650 °C.

D.2.1.2 Vantaggi e svantaggi del desorbimento termico

Il desorbimento termico può essere adottato per la rimozione dal suolo contaminato di composti organici volatili e semivolatili, ed anche di sostanze a più alto punto di ebollizione come i policlorobifenili; è invece inefficace nella separazione dei contaminanti inorganici. Tuttavia, i metalli maggiormente volatili (come mercurio ed arsenico) possono essere rimossi ricorrendo alle più alte temperature di processo; inoltre, la presenza di cloro può favorire significativamente la vaporizzazione di alcuni metalli quali il piombo.

Rispetto ai trattamenti di termodistruzione, il processo di desorbimento termico presenta i seguenti vantaggi:

- il trattamento, qualora condotto a temperature sufficientemente basse, può essere esente da alcune problematiche di processo ricorrenti nei trattamenti di termodistruzione (emissioni di policlorodibenzodiossine - PCDD, e polidorodibenzofurani - PCDF)
- il terreno decontaminato conserva ancora delle proprietà organiche e chimiche tali da consentirne anche il riutilizzo agronomico:
- sono ridotte le dimensioni del sistema depurazione fumi
- i costi di trattamento risultano inferiori.

D 2.2 - Processi di vetrificazione/vetroceramizzazione

D 2.2.1 - Processo di vetrificazione

Il processo di vetrificazione prevede la fusione dei rifiuti ad una temperatura intono ai 1300 °C, così da ottenere una matrice vetrosa fusa, costituita in gran parte da componenti del sistema SiO_2-Al_2O_3-CaO e da ossidi di metalli alcalini. Mentre i composti organici sono completamente distrutti, gli inquinanti inorganici sono ossidati e, prevalentemente, inglobati nella matrice vetrosa. I fumi che si liberano dalla fornace sono caratterizzati dalla presenza dei prodotti della combustione delle sostanze organiche e dai composti inorganici maggiormente volatili. Una volta raffreddamento il materialeo ottenuto, scarsamente lisciviabile, presenta fasi amorfe e cristalline. L'elevata richiesta energetica della vetrificazione dei rifiuti è giustificata solo se la qualità del prodotto ottenuto consente di competere, per caratteristiche fisiche, meccaniche, economiche ed ambientali con gli analoghi materiali di impiego comune.

Parametri del processo di vetrificazione

I principali parametri da controllare sono: temperatura e composizione. In particolare, deve essere opportunamente corretto il tenore di SiO_2 e Al_2O_3, mediante l'aggiunta di rottami di vetro, dolomite ecc., per ottenere le migliori caratteristiche di fusibilità, lavorabilità e cristallizzazione.

Effetti degli inquinanti sul processo di vetrificazione

L'elevata presenza di materiale organico nei rifiuti da vetrificare può provocare la riduzione degli ossidi dei metalli pesanti: Zn, Cd e Hg, caratterizzati da un'alta tensione di vapore, tendono ad evaporare; Fe, Ni, Cr, Cu, caratterizzati da bassa tensione di vapore, bassa solubilità e alta densità, rimangono nella massa fusa e precipitano. I solfati, essendo poco solubili nella massa vetrosa fusa di alcalo-silicati, incrementano la concentrazione di SOx nelle emissioni gassose.

D 2.2.2 - Processo di vetroceramizzazione

Il processo di vetroceramizzazione dei rifiuti consiste in una cristallizzazione controllata del prodotto vetrificato che consente di pervenire ad un miglioramento delle proprietà meccaniche e tecnologiche, e della resistenza chimica.

Il riscaldamento controllato deve essere condotto ricorrendo ad una sequenza di gradienti di temperatura e periodi di pausa.

Parametri del processo di vetroceramizzazione

I principali parametri da controllare nella conduzione del processo di vetroceramizzazione sono: temperatura e tempi di riscaldamento. La cristallizzazione è favorita dal dosaggio di agenti nucleanti, quale TiO_2.

Applicazioni su scala industriale

Le principali applicazioni su scala industriale dei processi di vetrificazione/vetroceramizzazione riguardano l'inertizzazione delle scorie e delle ceneri da termoutilizzazione di RU/RSAU.

I test di lisciviazione, condotti sia sui prodotti di vetrificazione sia su quelli di vetroceramizzazione, dimostrano che i rilasci di sostanze pericolose sono ampiamente inferiori alle soglie di sicurezza fissate dalle normative vigenti.

D.3 Estrazione dei contaminanti dal terreno

Le tecnologie di estrazione, strippaggio ed elettrocinesi, sono accomunate dall'obiettivo di conseguire una mobilizzazione del contaminante dal terreno e, come quasi tutti i sistemi di bonifica, possono essere applicate in situ o ex situ.

In teoria, il principio di mobilizzare i contaminanti presenti in grandi volumi di terreno per

concentrarli su un flusso di entità relativamente modesta da depurare in un sistema esterno e totalmente ingegnerizzato, porterebbe a dover includere tra le tecnologie di estrazione anche lo strippaggio di contaminanti volatili e l'elettrocinesi; tuttavia, si considereranno le tecnologie di estrazione secondo l'accezione più comunemente riportata in letteratura, ovvero come processi basati sul passaggio del contaminante dal terreno ad una fase liquida, mentre le altre due tecnologie summenzionate verranno trattate separatamente e singolarmente in apposite sezioni.

D 3.1 Descrizione delle tecnologie di estrazione

Le cosiddette tecnologie di estrazione sono basate su processi il cui fine è l'allontanamento del contaminante dal terreno utilizzando un mezzo di estrazione che una volta esercitata la sua funzione chimico-fisica a contatto con la matrice contaminata, viene convogliato verso un sistema avente lo scopo di concentrare e/o trattare il contaminante e, possibilmente, recuperare il mezzo di estrazione per una successiva fase di rimozione del contaminante dal terreno.

Le tecnologie di estrazione possono essere applicate ex situ ed in situ[1]:

1. nel primo caso vengono più propriamente definite con il termine inglese washing
2. nel secondo caso il processo è noto in letteratura come flushing.

Il processo del washing prevede che il terreno sia:

1. escavato
2. quasi sempre pretrattato
3. "lavato" in uno dei seguenti modi:
    - per irrigazione in cumuli
    - in unità batch
    - in sezioni a flusso continuo.

In generale, i meccanismi di lavaggio sono di due tipi:

A. passaggio in soluzione del contaminante una volta avvenuto il contatto con:
1. acqua
2. acqua ad alta temperatura
3. una apposita soluzione estraente che può utilizzare:
    - solventi diversi dall'acqua
    - tensioattivi

B. veicolazione del contaminante:
1. in forma dispersa
2. sotto forma di micelle
3. adsorbito su particelle microniche e sub-microniche di terreno (per la maggior parte dei contaminanti il 90% del carico inquinante è concentrato nella frazione granulometrica di dimensioni inferiori ai 2 mm).

Nella fase di mobilizzazione dei contaminanti intervengono una serie di azioni di tipo fisico (azioni di attrito che favoriscono il distacco del contaminante dalla superficie delle particelle di suolo) e chimico-fisico (desorbimento ottenuto utilizzando tensioattivi o modificando le condizioni di pH), come riassunto in tabella 2.

Tabella 2 - Meccanismi che definiscono la fase di mobilizzazione dei contaminanti

Azione	Meccanismo	effetto/causa
Fisica	Attrito	il distacco del contaminante dalla superficie delle particelle
chimico-fisica	Desorbimento	utilizzo di tensioattivi
		modifica delle condizioni di pH

[1] Nelle presenti linee guida verranno approfondite solo le tecnologie di estrazione ex situ accennando a quelle in situ per gli aspetti comuni alle due tecnologie

D 3.2 Post-trattamenti nel processo di estrazione

L'utilizzo di particolari soluzioni nel processo può rendere necessario un post-trattamento del terreno (ad esempio, lavaggio con acqua) finalizzato alla rimozione delle sostanze estraenti che permangono nel terreno stesso. Il flusso estratto richiede, a sua volta opportuni post-trattamenti di tipo biologico e/o chimico-fisico quali, ad esempio, la flottazione.
Come estraente viene utilizzata ancora diffusamente l'acqua sebbene la sua azione solvente possa essere sfruttata solo nei confronti di un ristretto numero di contaminanti, come il cromo esavalente, i cloruri, i solfati, ed i tempi di lavaggio richiesti siano spesso eccessivamente lunghi. Il suo utilizzo, pertanto, è soprattutto quello di agente disperdente.
Soluzioni basiche (ad esempio di NaOH) possono essere utilizzate su terreni a matrice argillosa nei quali l'elevata densità di carica superficiale contribuisce a trattenere contaminanti quali, ad esempio, i cianuri; l'incremento del pH favorisce la mobilizzazione del contaminante.
Per la bonifica di siti contaminati da sostanze poco solubili in acqua e resistenti alla dispersione, come gli IPA, possono essere utilizzati solventi organici (etanolo, alcol isopropilico. acetone ecc.). E' preferibile che tali solventi siano solubili in acqua al fine di non dover ricorrere alla fase preliminare di essicazione del terreno; la necessità di dover effettuare post-trattamenti del terreno ed i costi elevati dei reagenti sono uno svantaggio legato all'utilizzo di soluzioni estraenti contenenti solventi organici.
I tensioattivi sono macromolecole organiche, composte da una catena idrofoba e da un gruppo idrofilo, che tendono ad accumularsi in corrispondenza dell'interfaccia tra le diverse fasi non miscibili modificando le proprietà chimico-fisiche della superficie (diminuzione della tensione superficiale, potere schiumogeno, ecc.). All'aumentare della concentrazione e superato un dato valore critico, i tensioattivi tendono a ridurre ulteriormente il contatto tra il gruppo idrofobo e l'acqua mediante la formazione di micelle. La concentrazione critica al di sopra della quale si formano le micelle dipende dal tipo di tensioattivo, dal fatto che sia ionico o meno e dalla presenza o meno in acqua di sali. Le soluzioni di acqua e tensioattivi nelle quali la concentrazione di questi è superiore a quella critica sono caratterizzate da una considerevole fase non polare costituita dall'interno delle micelle stesse, che è in grado di dissolvere composti poco solubili in acqua come PCB, solventi organici, pesticidi, ecc..
Questa tecnologia, d'altro canto, risulta essere decisamente più costosa del semplice lavaggio con acqua e gli inquinanti devono necessariamente avere caratteristiche idrofobiche ed essere caratterizzati da scarsa volatilità. Il trattamento può essere efficacemente applicato a terreni contaminati da PCB, pesticidi clorurati, lubrificanti, plastificanti, solventi clorurati o aromatici.
I tensioattivi non vengono utilizzati nel trattamento di terreni contenenti metalli pesanti, per i quali il processo maggiormente utilizzato è, invece, l'estrazione mediante lavaggio con soluzioni acide.
La mobilità dei metalli in un terreno dipende da diversi fattori, ed in particolare:

- dal pH
- dalla natura della matrice minerale del suolo
- dalla capacità di scambio cationico (CEC)
- dal potenziale redox
- dalla dimensione delle particelle costituenti il terreno
- dalla presenza di sostanza organica e di argille
- dalla forma sotto la quale sono presenti i metalli stessi

La mobilizzazione dei metalli e la limitazione dei fenomeni di adsorbimento possono essere attuate mediante l'utilizzo di HCl, H_2SO_4, HNO_3, acidi organici o agenti chelanti.

D.3.3 Vantaggi e vantaggi delle tecniche di estrazione

Tra le possibili limitazioni nell'applicazione del washing si segnalano;

- la presenza di più tipologie di inquinanti (ad esempio composti organici e metalli pesanti) che può rendere difficile l'identificazione dell'agente estraente ottimale e potrebbe portare a

reazioni indesiderate dell'estraente con alcuni contaminanti

- la presenza di frazioni argillose ed umiche
- difficoltà nel depurare la soluzione estraente, ovvero nel demobilizzare i contaminanti; ciò può rendere necessario un ulteriore trattamento del terreno per la rimozione dell'agente estraente.

Per la valutazione dell'applicabilità del washing devono essere considerati diversi fattori, ed in particolare:

- la distribuzione granulometrica (con range ottimale 0. 24-2 mm)
- il tipo di terreno
- le caratteristiche di scavabilità e facilità di movimentazione del terreno
- la tessitura, il contenuto di acqua e di sostanza organica
- la capacità di scambio cationico e quella tampone, il pH
- viene, infine, raccomandata l'esecuzione di prove preliminari su scala pilota.

Il washing è un processo considerato affidabile per il trattamento di una vasta gamma di contaminanti (metalli pesanti, radionuclidi, cianuri, PAC, PCB, pesticidi) grazie alla possibilità di utilizzare diverse soluzioni estraenti; poiché il trattamento avviene on site od off site, rispetto al flushing è meno "sensibile" alle caratteristiche proprie del sito e quindi considerato più flessibile.
Il trattamento è affidabile soprattutto per terreni caratterizzati da un contenuto del 50-70% in sabbia; se il contenuto di fini (limi ed argille ed, in generale, particelle di dimensioni inferiori a 63-74 μm) è pari al 30-50% il trattamento di washing risulta, comunque, applicabile, ma potrebbe non essere economicamente conveniente.
I contaminanti, inoltre, tendono a concentrarsi sulle particelle fini dalle quali è più difficile mobilizzarli con il washing; pertanto operare su un terreno ricco di fini potrebbe rendere necessari ulteriori trattamenti di considerevoli quantità di materiale altamente contaminato con conseguente incremento dei costi. Un'altra condizione per la fattibilità economica del processo è che la massa complessiva di terreno da trattare non sia, in generale, inferiore alle 5.000 tonnellate.
La presenza di contaminanti idrofobi richiede, come già precedentemente accennato, l'utilizzo di particolari additivi, il che implica in genere maggiori volumi di soluzione estraente e ulteriori fasi di processo, per trattare e riciclare l'additivo.
La presenza di miscele di contaminanti aventi caratteristiche diverse rende il sistema più difficile da progettare, così come una distribuzione poco uniforme della contaminazione, in presenza della quale potrebbe essere necessario realizzare un sistema di equalizzazione in testa alla linea di processo. La presenza di contaminanti organici ad elevata viscosità è un altro elemento che può creare notevoli problemi operativi.
In Tabella vengono riassunte le possibilità di applicazione del washing in funzione del tipo di contaminante e delle caratteristiche del contaminante.

Tabella 3 -Applicabilità della tecnologia del washing.

ITEM	Tipo di contaminante	Tipo di terreno	
		Ghiaioso-sabbioso	Argilloso-limoso
Organici	Alogenati volatili	Applicabile con elevata efficienza	Applicabile con efficienza limitata a meno che non si usino additivi particolari
	Non alogenati volatili		
	Alogenati semivolatili	Applicabile con efficienza limitata a meno che non si usino additivi particolari	
	Non alogenati semivolatili		
	PCB		
	Pesticidi alogenati		
	Diossine e furani		
	Cianuri organici		
Inorganici	Metalli volatili	Applicabile con elevata efficienza	
	Metalli non volatili		
	Amianto	Non applicabile	
	Cianuri inorganici	Applicabile con efficienza limitata a meno che non si	

ITEM	Tipo di contaminante	Tipo di terreno	
		Ghiaioso-sabbioso	Argilloso-limoso
Reattivi	Ossidanti	usino additivi particolari	
	Riducenti		

Per quanto riguarda la verifica dell'efficienza dei trattamenti di washing, già in fase operativa andrebbero controllati alcuni parametri quali, ad esempio:

- il pH della soluzione di lavaggio
- i tempi di residenza del terreno nelle varie sezioni

In Tabella 4 sono riportate le efficienze rilevate in alcuni impianti europei e statunitensi, nonché informazioni sul flusso entrante, sulla tipologia di contaminante e sull'agente estraente utilizzato.

Tabella 4 – Efficienze e principali parametri operativi di alcuni impianti di washing.

Potenzialità [t/h]	Granulometria in ingresso [mm]	Contaminanti	Agente estraente	Concentrazione residua [ppm]	rendimento di estrazione [%]
15	qualsiasi	oli e grassi	acqua calda e detergenti	250-600	50-83
100	0,053-2	Idrocarburi	nessuno: acqua calda e sabbia	20000	90
20		Idrocarburi	nessuno: uso di getto di acqua ad alta pressione	aromatici>45	aromatici>81
15-20	0,015-5	Organici	Acidi e basi	Organici totali: 159-201 Fenoli totali: 7-22,5 IPA: 90-97 PCB: 0,5-1,3	Organici totali: 96 Fenoli totali: 86-94. IPA: 86-90 . PCB: 84-88
20-25	0,063-10	Cianuri Clorurati Metalli pesanti	Detergenti, NaOH per correggere il pH	Cianuri: 5-15 Clorurati: <1 Met: 75-1 25	Cianuri: 95 Clorurati: 98 Metalli: 75
n. d.	0,05-4, non più del 20% con d < 0,05	Cianuri Metalli pesanti Clorurati	Reagenti e detergenti coperti da brevetto	Cianuri: 5 Metalli: >150 Clorurati: 0, 5	Cianuri: >85 Metalli: >90 Clorurati: >99

I costi per l'applicazione del washing possono variare ampiamente, soprattutto in funzione del contenuto di frazioni fini, argille e sostanza organica e della capacità di scambio canonico. Se non sono necessari particolari additivi il costo può aggirarsi intorno ai 25-70 €/t, mentre dovendo usare additivi è difficile scendere al di sotto dei 100-125 €/t (possono essere superati anche i 200-250 €/t).

D.4 Strippaggio

Lo strippaggio consente di pervenire alla rimozione di composti organici volatili (VOC) o semivolatili (SVOC) dal materiale contaminato mediante l'utilizzo di un pozzo in cui il materiale stesso viene fatto attraversare da aria prodotta da un apposito ventilatore; il flusso in uscita viene deumidificato e trattato per la rimozione dei contaminanti mobilizzati, utilizzando unità a carboni attivi o a combustione catalitica.

Più in particolare il trattamento di strippaggio ex situ prevede la disposizione del terreno contaminato su un letto di tubazioni di aspirazione. I cumuli vengono, generalmente, coperti da teli in materiale plastico al fine di evitare la volatilizzazione incontrollata dei contaminanti e la eventuale saturazione del terreno ad opera di acque meteoriche.

Un rapido cenno meritano le tecniche di strippaggio a temperatura elevata, in cui il riscaldamento consente di: incrementare la pressione di vapore dei composti volatili e semivolatili, incrementare la

permeabilità del substrato (grazie alla riduzione del contenuto di acqua, nel caso in cui esso sia caratterizzato da eccessiva umidità), facilitare i fenomeni diffusivi, catalizzare i fenomeni ossidativi. Il range di temperature adottate è molto ampio, in funzione del tipo di contaminante e del tipo di processo prescelto. Come per tutti i trattamenti termici, uno svantaggio è rappresentato dalla possibile inibizione o distruzione della popolazione batterica del substrato trattato. I sistemi generalmente impiegati utilizzano aria calda e vapore, ma sono state sperimentate anche resistenze elettriche, campi elettromagnetici, fibre ottiche ad energia solare, ecc..
I processi basati sull'applicazione di campi elettromagnetici (RFH) o sull'utilizzo di resistenze elettriche (ERH) sono stati sviluppati, soprattutto, per interventi su terreni caratterizzati da bassa permeabilità, nei quali risulterebbe difficile l'iniezione di aria calda o vapore. L'utilizzo dei vapore al posto dell'aria rende il processo di strippaggio più complesso a causa della formazione di acqua di condensa sia nel terreno che nelle sezioni on site dell'impianto: l'accumulo di acqua di condensa nel terreno può comportare una semi-saturazione e quindi, una sensibile riduzione della permeabilità. La pressione con la quale il vapore viene iniettato deve essere attentamente valutata perché, se è vero che al suo aumentare aumenta la velocità di rimozione, è anche vero che valori troppo elevati potrebbero causare una fratturazione del terreno e la formazione di corto circuiti e vie di fuga.
Il riscaldamento per radio-frequenza (RFH) è una tecnologia sviluppata per riscaldare in modo rapido ed uniforme grandi volumi di terreno caratterizzati da bassa permeabilità. L'applicazione prevede l'utilizzo di elettrodi o di antenne che emettono onde radio su determinate frequenze: le onde radio provocano un incremento del movimento delle molecole e quindi il riscaldamento.

D.4.1 Vantaggi e svantaggi dello strippaggio

Lo strippaggio consente di trattare elevati volumi di rifiuto in tempi accettabili con rapida distruzione dei contaminanti e a costi, generalmente, inferiori a quelli di altre tecnologie; il processo è, inoltre, sinergicamente affiancabile ad altri sistemi. La tecnologia, tuttavia, non è estendibile a qualunque tipologia di rifiuto, ma solo a quelli in cui l'inquinante risulta volatile o quantomeno semivolatile (pressione di vapore almeno pari a 0,5 mm Hg): non sono, pertanto, trattabili metalli pesanti, PCB e molte classi di pesticidi. In generale lo strippaggio non è adatto per composti alcolici e acetone. Poiché il composto da estrarre deve essere mobilizzato sotto forma di vapore, il peso molecolare non deve essere superiore a 200 g/mol. I contaminanti devono avere una bassa solubilità in acqua o quanto meno, l'umidità del terreno deve essere bassa;
Alcune informazioni circa i sistemi di trattamento dei vapori contaminati estratti dal terreno sono riportate in Tabella 5.

Tabella 5 – Principali dati sui sistemi di trattamento dei vapori contaminati estratti dal terreno.

Trattamento	Efficienza	Caratteristiche del flusso estratto dal terreno e da depurare			
	[%]	conc. VOC [ppmv]	umidità relativa [%]	T [°C]	caratteristiche dei VOC
Carboni attivi	60-90	>700	<50	<80	peso molecolare 50-150 g/mol
termodistruzione	>95	>100	-	-	nessuna in particolare
termodistruzione catalitica	95	>100	-	-	metalli pesanti, ossidi di ferro e composti alogenati possono avvelenare i catalizzatori
Condensazione	50-90	>5000	-	<110	Efficienza limitata dalla pressione di vapore dei VOC

Nell'applicazione del processo di strippaggio bisogna tener conto che, a causa del flusso di aria, si avrà una iniziale consistente volatilizzazione, talvolta, associata a degradazione dei composti a più basso peso molecolare; l'elevata volatilizzazione porta ad efficienze di rimozione inizialmente molto elevate, ma che si riducono progressivamente e drasticamente nel tempo pur in presenza di carichi inquinanti ancora elevati.
Una volta appurata la volatilità degli inquinanti, un altro parametro che influenza l'efficienza del processo è la permeabilità all'aria del terreno; essa è funzione delle caratteristiche intrinseche del terreno e del contenuto di liquidi.

D.5 Elettrocinesi
Il processo prevede l'induzione di un flusso di acqua, di particelle cariche e di ioni, attraverso il terreno, caratterizzato da bassa permeabilità.
Il passaggio della corrente elettrica causa la mobilizzazione delle specie caricate elettricamente forzando ioni, particelle ed acqua a muoversi verso gli elettrodi.
La corrente, inoltre, crea un fronte acido all'anodo ed uno basico al catodo: il fronte acido può essere proficuamente utilizzato per la mobilizzazione di metalli pesanti verso il catodo.
I meccanismi attraverso i quali avviene la migrazione dell'acqua e dei contaminanti verso gli elettrodi sono essenzialmente due:

1. elettromigrazione sotto gradiente elettrico (elettromigrazione vera e propria, se riguarda specie chimiche cariche, ed elettroforesi, se riguarda particelle cariche)
2. elettrosmosi, in cui un fluido contenente ioni si sposta rispetto ad una superficie carica.

Nell'applicazione dell'elettrocinesi alla bonifica dei terreni contaminati in situ ed ex situ sono stati seguiti finora due tipi di approccio:

1. rimozione, che prevede il trasporto dei contaminanti verso l'elettrodo dove vengono concentrati, e da cui sono successivamente rimossi. La rimozione può avvenire in diversi modi:
   - pompando l'acqua in prossimità dell'elettrodo di concentrazione
   - utilizzando resine a scambio ionico
   - per precipitazione
   - per galvanostegia
2. trattamento senza rimozione in cui il flusso elettro-osmotico è fatto permeare attraverso una zona di trattamento collocata tra i due elettrodi; per sfruttare al massimo la reattività della zona di trattamento il flusso viene regolarmente invertito scambiando la polarità degli elettrodi. Questo tipo di approccio è usato più frequentemente per contaminanti organici.

L'elettrocinesi si applica al trattamento di metalli pesanti, anioni (nitrati, solfati, cianuri), sostanze organiche quali, ad esempio, acido acetico, fenoli, DNAPL, benzine, gasolio, kerosene, oli lubrificanti, idrocarburi alogenati, composti organici non alogenati, esplosivi.
Le migliori efficienze si ottengono nel trattamento di terreni a bassa salinità e bassa capacità di

scambio cationico; va, però, rilevato che tanto minore è la porosità del terreno, tanto maggiore risulta il dispendio energetico.
I fattori limitanti dell'elettrocinesi sono:

1. contenuto di umidità: l'efficienza e fortemente ridotta per contenuti inferiori al 10%; il range ottimale è compreso tra il 14 ed il 18%
2. anomalie fisiche: la presenza nel terreno di masse metalliche o materiali isolanti può alterare le caratteristiche di conducibilità elettrica; il sistema, pertanto, si presta poco ad essere applicato a siti molto eterogenei o caratterizzati da una elevata conducibilità
3. non dovrebbero essere utilizzati elettrodi metallici che potrebbero essere attaccati per elettrolisi e rilasciare prodotti della propria corrosione; è preferibile l'utilizzo di elettrodi inerti in ceramica, grafite o, al limite, platino
4. nei terreni argillosi, la carica superficiale delle argille può essere alterata dall'adsorbimento di contaminanti e dalle cariche presenti nell'acqua interstiziale; condizioni estreme di pH e reazioni di ossido-riduzione possono influire negativamente sull'efficienza, anche se condizioni di pH acido favoriscono la mobilizzazione dei metalli pesanti
5. il processo è poco efficiente se la concentrazione degli ioni da rimuovere è bassa e, al contrario, è alta quella di ioni che non si ha interesse o motivo di mobilizzare
6. le reazioni di ossido-riduzione possono causare, in determinati casi, la formazione di prodotti indesiderabili, quali, ad esempio, cloro in forma gassosa.

In generale, i costi del trattamento per elettrocinesi dipendono dalla quantità di terreno da decontaminare, dalla sua conducibilità idraulica ed elettrica, dal tipo e concentrazione dei contaminanti, dalla spaziatura degli elettrodi.
Il consumo energetico è strettamente legato alla conducibilità elettrica del terreno, parametro caratterizzato da grande variabilità (da 30 a più di 3.000 µmho/cm con i valori più alti relativi alle argille sature); un valore medio di conducibilità elettrica è approssimativamente pari a circa 500 µmho/cm. E' evidente come i costi di applicazione della tecnologia a terreni a conducibilità particolarmente elevata potrebbero essere proibitivi: per un terreno avente una conducibilità intorno a 500 µmho/cm il consumo energetico giornaliero può essere stimato in 12 kWh/m^3.
Il consumo energetico complessivo si può stimare in 500 kWh/m^3 per una spaziatura degli elettrodi di 1.0-1.5 m (si tenga conto che la spaziatura degli elettrodi influenza i tempi di trattamento; già una spaziatura di 4 m può comportare tempi piuttosto lunghi).
I costi complessivi (consumo energetico, preparazione del sito. costi di impianto e costi operativi) indicati da alcune società internazionali operanti nel lettore variano da 25 €/ m^3 (condizioni estremamente favorevoli) a 300 €/m^3. Questi valori rendono la tecnologia competitiva per la rimozione di metalli pesanti da terreni caratterizzati da bassa conducibilità idraulica.

D.6 Separazione meccanica

I trattamenti di selezione meccanica vengono esposti in apposite Linee Guida a cui, pertanto, si rimanda.

D.7 Trattamenti di disidratazione dei fanghi

Il trattamento dei fanghi è finalizzato ad incrementarne il contenuto di solidi ovvero a ridurne il quantitativo di acqua. Si ottiene, in tal modo un rifiuto caratterizzato da volumi notevolmente inferiori e, pertanto, più facilmente gestibile nelle successive fasi di trattamento. Le due principali operazioni di trattamento sono: l'ispessimento e la disidratazione; esse si distinguono, essenzialmente, per i differenti livelli conseguibili di rimozione della componente acquosa.
Per una descrizione dettagliata delle tecniche di ispessimento e disidratazione più comunemente adottate (ad esempio, sedimentazione, flottazione, nastropressatura, filtropressatura, ispessimento mediante l'utilizzo di tamburo rotante, ecc.) si rimanda linee guida relative al trattamento chimico-fisico e biologico dei rifiuti liquidi. Di seguito si riportano le prestazioni delle diverse tecniche di

disidratazione nonché i relativi vantaggi e svantaggi, con specifico riferimento al trattamento dei fanghi.

Tabella 6 - Dati operativi dei processi di disidratazione

Tecnica	Concentrazione fanghi (%)	Solidi trattenuti (%)	Note
Ispessimento gravitazionale	2-10	80-92	In funzione della tipologia di fango
Ispessimento per centrifugazione	3-8	80-98	
Ispessimento mediante flottazione (DAF)	2-10	80-98	
Disidratazione per centrifugazione	10-35	85-98	Mediante l'utilizzo di additivi chimici
ispessimento mediante tamburo rotativo	3-4		
	15-30	90-98	Trattamento sotto vuoto
Nastropressatura	15-30	85-98	Mediante l'utilizzo di additivi chimici
Filtropressatura	20-50	90-98	Mediante l'utilizzo di additivi chimici

Fonte: Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector

Tabella 6 - Vantaggi e svantaggi dei processi di disidratazione

Tecnica	Vantaggi	Svantaggi
Ispessimento gravitazionale	• prestazioni eccellenti con i fanghi primari non trattati • risultati soddisfacenti per impianti di piccole dimensioni e con concentrazioni di fanghi comprese tra il 4 ed il 6% • bassi consumi di energia	• prestazioni marginali in grandi impinti • solo basse concentrazioni di solidi nel trattamento di fanghi attivati
Ispessimento per centrifugazione	• efficiente produzione di fanghi essiccati e buone capacità di separare solidi difficilmente filtrabili • richiesta di spazio relativamente bassa rispetto alle altre tecniche di ispessimento • facilità di installazione • limitati problemi in termini di emissioni osmogene	• elevati consumi di energia per unità di fango trattato • minore rimozione di acqua rispetto ai trattamenti di disidratazione • genera vibrazioni e rumori • richiede personale specializzato per la manutenzione
Ispessimento per flottazione (DAF)	• buone efficienze nel trattamento dei fanghi provenienti dai processi biologici	• sensibile alle basse temperature (possibilità di congelamento delle valvole di immissione dei getti d'aria) • rilascio di emissioni osmogene per strippaggio
Ispessimento mediante tamburo rotativo	• bassa richiesta di manutenzione, spazio e bassi consumi energetici	
Nastropressa	• elevate efficienze di disidratazione • semplicità di manutenzione	• limitazioni di tipo idraulico • molto sensibile alle caratteristiche del fango • vita media limitata rispetto alle altre tecniche di disidratazione
filtropressa	• elevata efficienza di disidratazione e basso contenuto di solidi nel filtrato	• operazione batch • richiede particolari accorgimenti progettuali e personale specializzato • vita media limitata dei tessuti filtranti

D.8 Gestione dei rifiuti contenenti amianto

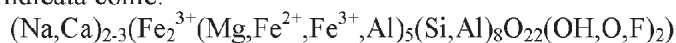
Gli amianti sono una serie di minerali ad abito fibroso, particolarmente abbondanti in natura, composti da silicati di calcio, magnesio, ferro ed alluminio. Essi sono noti, soprattutto, per lo loro elevata resistenza chimico-fisica che ne ha determinato il massiccio sfruttamento industriale.

I minerali di amianto, in base alle caratteristiche cristallochimiche, si possono, essenzialmente, suddividere in due gruppi principali:

- i minerali di serpentino o crisotilo;
- i minerali di anfibolo.

I minerali del primo gruppo sono costituiti prevalentemente da silicati di magnesio ($Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$) (n. CAS, numero univoco della Chemical Abstract Service, 12001-29-5), a struttura laminare stratificata dove la disposizione ottaedrica degli ossidrili di magnesio alternata ai tetraedri di silice dà luogo alla struttura tubolare caratteristica. Si presentano in aggregati fibrosi con fibre fragili e flessibili, più o meno lunghe e sottili, di colore bianco, tendente al giallo o verde pallido.

Gli anfiboli sono caratterizzati da grande varietà nella composizione; la formula generale può essere indicata come:

$(Na,Ca)_{2\text{-}3}(Fe_2^{3+}(Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Al)_5(Si,Al)_8O_{22}(OH,O,F)_2)$

A questo gruppo appartengono i minerali:

- actinolite o attinoto ($(Ca_2Mg_3Fe_2^{3+})Si_8O_{22}(OH)_2$) (n. CAS 77536-66-4)
- amosite (miscele riebekite-glaucofane) ($(Fe_2Mg)_7Si_8O_{22}(OH)_2$) (n. CAS 12172-73-5)
- antofillite ($Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$) (n. CAS 77536-67-5)
- crocidolite (miscele di cummingtonite-grunerite) ($Na_2Fe_2^{3+}(Fe^{2+}Mg)_3Si_8O_{22}(OH)_2$) (n. CAS 12001-78-4)
- tremolite ($Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$) (n. CAS 77536-68-6)

La struttura cristallina degli anfiboli è costituita da una doppia catena di tetraedri di silice legata da ioni metallici. Il colore degli amianti è legato all'inclusione degli ioni metallici nella struttura cristallina.

Il rischio maggiore connesso con i materiali a base di amianto è legato alla possibilità da parte di tali materiali di rilasciare fibre inalabili. I materiali a base di amianto più rappresentativi, con la percentuale di amianto in essi contenuta e con indicazioni in merito alla loro friabilità vengono riportati nella seguente tabella (tratta e parzialmente rielaborata dal DM 6 settembre 1994 relativo alle "*Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto*").

Tabella 8 – Principali materiali a base di amianto e loro caratteristiche

Tipo di materiale	Note	Friabilità
Ricoprimenti a spruzzo e rivestimenti isolanti	Fino all'85% circa di amianto. Spesso anfiboli (amosite, crocidolite) prevalentemente amosite spruzzata su strutture portanti di acciaio o su altre superfici come isolante termo-acustico	Elevata
Rivestimenti isolanti di tubazioni o caldaie	Per rivestimenti di tubazioni tutti i tipi di amianto, talvolta in miscela al 6-10% con silicati di calcio. In tele, feltri, imbottiture in genere al 100%	Elevato potenziale di rilascio di fibre se i rivestimenti non sono ricoperti con strato sigillante uniforme e intatto

Tipo di materiale	Note	Friabilità
Funi, corde, tessuti (rivestimenti di cavi e tubi, indumenti protettivi, tappezzeria, protezioni antifiamma, nastri per la coibentazione di cavi elettrici, ecc.)	In passato sono stati usati tutti i tipi di amianto. In seguito solo crisotilo al 100%	Possibilità di rilascio di fibre quando grandi quantità di materiali vengono immagazzinati
Cartoni, carte e prodotti affini	Generalmente solo crisotilo al 100%	Sciolti e maneggiati, carte e cartoni, non avendo una struttura molto compatta, sono soggetti a facili abrasioni e ad usura
Prodotti in amianto-cemento (tramezzi, rivestimenti di interni ed esterni, coperture tetti, condutture acqua potabile, fognature, condutture in pressione, ecc.)	Attualmente il 10-15% di amianto in genere crisotilo. Crocidolite e amosite si ritrovano in alcuni tipi di tubi e di lastre. L'amianto è, generalmente, miscelato con cemento Portland.	Possono rilasciare fibre se abrasi, segati, perforati o spazzolati, oppure se deteriorati
Prodotti bituminosi, mattonelle di vinile con intercapedini di carta di amianto, mattonelle e pavimenti vinilici, PVC e plastiche rinforzate ricoprimenti e vernici, mastici, sigillanti, stucchi adesivi contenenti amianto	Dallo 0,5 al 2% per mastici, sigillanti, adesivi, al 10-25% per pavimenti e mattonelle vinilici	Improbabile rilascio di fibre durante l'uso normale. Possibilità di rilascio di fibre se tagliati, abrasi o perforati

I trattamenti dei rifiuti contenenti amianto possono essere distinti in due gruppi principali: quelli che riducono il rilascio di fibre senza modificare la struttura cristallochimica dell'amianto, o modificandola in modo parziale e quelli che ne modificano completamente la struttura e che, pertanto, annullano la pericolosità connessa ai minerali di amianto. I rifiuti/materiali risultanti dal processo, a seconda della tipologia di trattamento effettuata e delle loro caratteristiche, potranno essere avviati, nel rispetto delle normative vigenti allo smaltimento in discarica oppure al riutilizzo come materie prime. Quest'ultima opzione può, ovviamente, essere prevista solo nel caso in cui sia completamente annullata la pericolosità connessa alla presenza di amianto. Deve, pertanto, essere assicurata la completa modificazione della struttura cristallochimica dell'amianto e la rispondenza del materiale ai requisiti stabiliti dalla normativa vigente in materia.
In generale, esistono diversi processi idonei al trattamento dei rifiuti contenenti amianto rientranti nelle due classi sopra accennate (alcuni di questi trattamenti sono già stati in precedenza descritti nel presente capitolo). Tali trattamenti, che risultano anche elencati nelle tabelle A e B dell'allegato A al DM 29 luglio 2004, n. 248 vengono di seguito riportati:

Tabella 9 – Trattamenti dei materiali contenenti amianto

TRATTAMENTI FINALIZZATI AL CONTENIMENTO DEL POTENZIALE INQUINANTE DEI RCA SENZA TRASFORMAZIONE DELLA STRUTTURA DELL'AMIANTO			
Trattamento	**Principio**	**Volume del prodotto**	**Destinazione finale**
condizionamento in matrice cementizia	Impasto con cemento ed eventuali additivi	Inferiore al volume iniziale	Discarica
Condizionamento in matrice di resine	Miscelazione con materiali polimerici	Superiore al volume iniziale	Discarica
TRATTAMENTI DI TRASFORMAZIONE DELLA STRUTTURA DELL'AMIANTO			
Trattamento	**Principio**	**Volume del prodotto**	**Destinazione finale**
Attacco chimico	Modificazione della struttura del rifiuto e precipitazione di sali non tossici	Aumento a seguito della formazione di fanghi di trattamento	Discarica Riutilizzo come materia prima
Litificazione	Fusione a temperature elevate (1.300-1.450 °C)	Inferiore al volume iniziale	Discarica Riutilizzo come materia prima
Litificazione pirolitica	Produzione di argilla espansa	Superiore al volume iniziale	Discarica Riutilizzo come materia prima
Vetrificazione	Fusione con additivi a	Inferiore al volume iniziale	Discarica

	temperature elevate (1.000-1.300 °C)		Riutilizzo come materia prima
Produzione di clinker	Fusione con calcare ed argilla	Inferiore al volume iniziale	Discarica Riutilizzo come materia prima
Ceramizzazione	Cottura a 800-1.000°C	Inferiore al volume iniziale	Discarica Riutilizzo come materia prima
Vetroceramizzazione	Fusione a 1.300°C Cristallizzazione a 900 °C	Inferiore al volume iniziale	Discarica Riutilizzo come materia prima
Trasformazioni meccanochimiche	Distruzione della struttura cristallina mediante stress meccanico	Inferiore al volume iniziale	Discarica Riutilizzo come materia prima

I processi di trattamento a freddo (ad esempio, solidificazione in matrice cementizia) ed i processi di vetrificazione, ceramizzazione, vetrocermaizzazione sono stati già ampiamente trattati nelle pagine precedenti. Meritano, invece, un breve cenno di approfondimento i trattamenti di litificazione e di litificazione pirolitica.
Il primo prevede una fase di fusione compresa tra i 1.300 ed i 1.450 °C ed una fase di parziale cristallizzazione ottenuta per lento raffreddamento (in genere all'aria). Il prodotto ottenuto presenta, di solito, una durezza pari a 5-6 della scala Mohs, un elevato peso specifico (3,15 - 3,20 g/cm^3) ed un'ottima resistenza meccanica sia alla compressione che alla trazione. Una variante del processo può prevedere la filatura del fuso. I materiali ottenuti dalla fusione sono, in sostanza, vetri contenenti fasi cristalline in quantità non rilevante (0-25%) e costituiti da ossidi di ferro, titanio, alluminio, e da silicati di magnesio, calcio, ferro ed alluminio. La componente vetrosa è invece molto simile ad un'ossidiana, composta quindi da un vetro silicatico ricco in ferro, calcio e alcali, spesso derivanti dai fondenti usati nella fusione.
Con il termine di litificazione pirolitica si indica, invece, la conversione di un qualunque prodotto, che subisce un processo pirolitico, in presenza di un materiale inorganico, in genere argilla. In conseguenza di tale processo la componente inorganica del prodotto si lega all'argilla dando luogo ad un prodotto solido, mentre la componente organica è decomposta partecipando alla combustione.
I rifiuti contenenti amianto potrebbero, eventualmente, essere utilizzati nei processi di produzione di argilla espansa. La preparazione avviene attraverso quattro fasi principali: una fase di essiccazione, una di combustione, una di fusione parziale e una di raffreddamento.
La miscela viene inizialmente essiccata in una prima sezione di un forno di cottura mediante bruciatore diretto sull'impasto che porta la miscela a circa 300 °C. In questa fase si determina, in primo luogo, la perdita di acqua di assorbimento, quindi, dell'acqua interstrato ed infine dell'acqua di costituzione; ha, inoltre, inizio la demolizione della struttura cristallina dell'argilla.
Il materiale essiccato viene, quindi, trattato alla temperatura di circa 1.000 °C che provoca la combustione delle sostanze organiche; per effetto del rapido aumento di temperatura si ha un'espansione del granulo di argilla a seguito della fuoriuscita del gas generato dalla combustione dell'olio combustibile.
Man mano che la miscela avanza nel forno la temperatura raggiunge i 1.300-1.400 °C; i granuli che la compongono sono sottoposti ad un repentino aumento della temperatura ed alla conversione dello strato esterno in una fase plastica con successiva formazione di uno strato esterno vetroso.
Data la bassa conducibilità termica del materiale, permane un gradiente di temperatura fra questo strato e la parte più interna dei granuli e ciò consente di non portare a fusione l'intera massa che nel suo interno mantiene una struttura porosa. Ad alta temperatura le argille possiedono la capacità di fissare ioni metallici estranei alla struttura originale, sia per la sostituzione di ioni reticolari che per la formazione di nuovi composti cristallini o di soluzioni solide.
Se in miscela all'argilla viene aggiunto del materiale contenente asbesto (crisotilo, amosite, crocidolite ecc.) avvengono, data la grande reattività dell'argilla alle temperature comprese tra 650

°C e 950 °C, delle reazioni (cessione di elementi tra le varie fasi allo stato solido e a cristallizzazioni di fasi a se stanti come la cordierite, mullite ecc.) che portano alla formazione di fasi silicatiche.

E - Descrizione delle analisi elaborate in ambito comunitario per la individuazione delle BAT, con particolare riferimento, ove disponibili, alle conclusioni dei Bref.

E1 - Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

Nel presente capitolo vengono riportate, in forma sintetica, le tecniche ed i processi che, ad oggi, consentono di pervenire alla maggiore minimizzazione dei quantitativi di inquinanti e degli impatti ambientali garantendo, nel contempo, l'utilizzo migliore e più sostenibile delle risorse economiche relativamente al trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi. L'individuazione di tali tecnologie si basa, in buona parte, su quanto riportato nel "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries".

I vantaggi del trattamento chimico-fisico dei rifiuti vanno valutati attraverso un'analisi ambientale costi benefici che tenga conto degli impatti totali evitati e di quelli aggiuntivi dovuti all'operazione in questione.

I criteri alla base della individuazione delle BAT sono:

1. il massimo rendimento degli impianti
2. il minimo rilascio di contaminanti
3. la minimizzazione dell'impatto ambientale
4. la valutazione della convenienza economica e dei costi – benefici.

La scelta delle tecnologie deve essere orientata alla individuazione di una destinazione definita e certa sia dei rifiuti in ingresso che dei flussi in uscita.

I processi realizzati dagli impianti devono garantire i livelli di qualità del materiale come richiesto dalle filiere di recupero a valle del trattamento e devono realizzarle con il minimo impatto complessivo.

Le prestazioni delle singole macchine componenti l'impianto nonchè il tipo di processo adottato, devono essere definite in relazione alla qualità del materiale in ingresso e alla capacità di trattamento delle singole apparecchiature.

Ogni macchina o prodotto, deve essere impiegata per una specifica funzione dichiaratamente espressa nelle specifiche di fornitura: la semplificazione degli schemi di processo determina sempre un aumento di affidabilità complessiva e una maggiore costanza della produzione e quindi della qualità del prodotto.

Nella molteplicità degli approcci possibili è, in ogni caso, esenziale che le scelte progettuali e gestionali tengano conto delle condizioni poste al quadro operativo al contorno (localizzazione, capacità operative, tipologia di materiali trattati, ecc) affinché sia massimizzata l'efficacia del processo e minimizzati gli impatti ambientali.

Va dunque ricercata la coerenza tra:

1. tipologia della matrici da trattare
2. situazione territoriale
3. tecnologia di trattamento adottata
4. criteri gestionali.

E' importante sottolineare coma la scelta della tecnologia da adottare debba comunque tenere conto di tutti gli altri fattori legati alla specificità locale, quali (a titolo esemplificativo e non esclusivo): il grado di meccanizzazione desiderato; la prevista disponibilità (in percentuale sulla miscela in ingresso) di materiale strutturale; le sinergie con iniziative operative di altro tipo (aziende zootecniche, piattaforme ecologiche, ecc.), il grado di presidio ambientale necessario, ecc.

E2 - Aspetti Tecnici e tecnologici dello specifico settore - Conclusioni del Bref.

E2.1 –Processi di Trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi -Conclusioni del Bref

In linea di principio, tutte le opzioni di trattamento possono essere applicate ai rifiuti solidi, ma l'efficacia delle stesse e le caratteristiche del flusso uscente possono variare enormemente a seconda delle specifiche proprietà del rifiuto trattato e del sistema applicato.
Le opzioni di trattamento possono essere raggruppate nei seguenti sottogruppi:

1. estrazione e separazione
2. trattamento termico
3. separazione meccanica
4. inertizzazione (questo trattamento include la solidificazione e la stabilizzazione)
5. disidratazione
6. desorbimento

E2.1.1 - Estrazione e separazione

Estrazione e separazione	
Scopo	Allontanamento dei contaminanti mediante l'utilizzo di un mezzo estraente
Principio base dell'operazione	La solubilizzazione dei composti e la loro rimozione con l'acqua.
Campo di applicazione	Trattamento di una vasta gamma di contaminanti (metalli pesanti, cianuri, IPA, PCB, pesticidi)
Descrizione del processo	Il contaminante viene allontanato mediante l'utilizzo di un mezzo di estrazione che, una volta esercitata la sua funzione chimico-fisica a contatto con la matrice contaminata, viene convogliato verso un sistema avente lo scopo di concentrare e/o trattare il contaminate e, possibilmente, recuperare il mezzo di estrazione per il suo ricircolo nel processo. Meccanismi Fisici e Chimico –Fisici alla base della Tecnologie di estrazione (Fonte: Andreottola et. al, 1992)

Descrizione del processo	I meccanismi di estrazione possono essere applicati ex-situ (washing) o in-situ (flushing); il processo ex situ è di seguito schematizzato Schematizzazione del processo di estrazione ex situ –Washing (Fonte: van der Ven, 1991, modificato)
Utilizzo	Sono state proposte diverse tecniche per i residui dei sistemi abbattimento fumi.

E2.1.2 - Trattamenti termici

Scopo	I trattamenti termici dei rifiuti derivanti dai processi di combustione sono utilizzati in modo esteso solo da pochi Paesi, principalmente al fine di ridurre il volume dei rifiuti e migliorarne le caratteristiche di percolazione.
Principio base dell'operazione	I trattamenti ad alta temperatura usano il calore al fine di fondere i rifiuti ed iniziare i processi di vetrificazione e ceramizzazione. I trattamenti termici possono essere raggruppati in tre categorie: vetrificazione, fusione, sinterizzazione. La differenza tra questi processi è correlata soprattutto alle caratteristiche e alle proprietà dei prodotti finali.
Campo di applicazione	I trattamenti termici si applicano efficacemente a terreni, fanghi e filtri per la rimozione di composti organici volatili e semi-volatili. Se presenti, possono essere rimosse anche alcune sostanze con punto di ebollizione più alto quali PCB e diossine.
Descrizione del processo	Il trattamento termico dei rifiuti, nella maggior parte dei casi, porta a materiali più omogenei e densi con un miglior comportamento dal punto di vista della percolazione. La vetrificazione aggiunge, inoltre, i benefici dell'incapsulamento fisico dei contaminanti in una matrice vetrosa. E' necessario un opportuno trattamento delle emissioni gassose. Elevate concentrazioni saline possono, inoltre, determinare fenomeni di corrosione dei sistemi di trattamento dei gas.
Utilizzo	La sinterizzazione non è utilizzata come opzione di trattamento dedicato per i rifiuti generati dai sistemi di controllo delle emissioni; esistono, comunque, alcuni metodi combinati che prevedono l'utilizzo anche di tale tecnica

E2.1.3 - Separazione meccanica

Scopo	Lo scopo del trattamento è quello di generare un prodotto inerte. Il trattamento è finalizzato alla riduzione del volume e della massa del rifiuto da smaltire. La raccolta e la cernita della frazione ferrosa fornisce materiale potenzialmente riutilizzabile. Il trattamento consente, inoltre, di ridurre l'immissione nell'ambiente di metalli pesanti, (ad esempio, arsenico).

Principio base dell'operazione	L'applicazione del processo alle scorie derivanti dai processi di combustione consente di ottenere tre frazioni distinte: composti minerali, materiale incombusto e sfridi metallici. E' richiesta una riduzione dei metalli pesanti e dei composti solubili che risulta importante anche ai fini di un eventuale utilizzo del materiale dopo il trattamento. I componenti idrosolubili sono i principali costituenti delle scorie. L'input di una tonnellata di rifiuti urbani genera circa 250-350 kg di scorie. I tipici componenti delle scorie sono: cloruro, arsenico, piombo, cadmio, rame, minerali e sfridi ferrosi.	
Descrizione del processo	RICEZIONE	Ispezione d'ingresso
		screening
		Pre-pressatura
	TRATTAMENTI PRINCIPALI	pressatura
		triturazione
		vagliatura
		Rimozione metalli ferrosi
		Rimozione altri metalli
		Omogeinizzazione
	STOCCAGGIO	quantificazione

E2.1.4 - Inertizzazione

Scopo	Lo scopo dell'inertizzazione è quello di modificare le caratteristiche chimico-fisiche del rifiuto al fine di renderne possibile lo smaltimento in sicurezza minimizzando il tasso di migrazione dei contaminanti verso l'ambiente e/o ridurre il loro livello di tossicità.	
Principio base dell'operazione	L'inertizzazione si basa sulle proprietà del reagente di produrre un rifiuto immobilizzato in una matrice solida. Va rilevato che il processo può, talvolta, risultare reversibile e le sostanze immobilizzate possono essere rilasciate in seguito a miscelazione con altre tipologie di rifiuto. Sono state sviluppate due tipologie di processi, note come: stabilizzazione e solidificazione.	
	La stabilizzazione	E' un processo in cui i contaminanti (es. metalli pesanti) sono completamente o parzialmente legati grazie all'aggiunta di basi di supporto, leganti o altri modificatori. La stabilizzazione viene effettuata mescolando il rifiuto con un reagente (particelle di argilla, sostanze umiche organiche, quali la torba, e carboni attivi) che consente di minimizzare il tasso di migrazione dei contaminanti, riducendo quindi la tossicità del rifiuto e facilitandone la gestione in discarica. A tal fine il processo deve, ovviamente, garantire una trasformazione chimico-fisica del rifiuto e non una semplice diluizione dello stesso. Nel trattamento dei metalli si può ottenere sia una precipitazione dei relativi sali sia la formazione di legami tra metallo e minerali per assorbimento. Il processo include una sorta di solubilizzazione dei metalli pesanti presenti nel rifiuto ed una successiva precipitazione o assorbimento nei nuovi minerali.
	La solidificazione	Sfrutta l'utilizzo di additivi per cambiare le proprietà fisiche del rifiuto. Il termine solidificazione (e incapsulamento o fissazione) si riferisce alla miscelazione di rifiuti con un reagente (cenere polverizzata, cemento, calce, scoria fornace, polvere da fornace cementizia, leganti organici quali bitume/asfalto o paraffina e polietilene) per produrre un rifiuto solido (con matrice caratterizzata da bassa permeabilità e bassa porosità) destinato allo smaltimento in discarica. L'aggiunta di cemento diminuisce, generalmente, la conducibilità idraulica e la porosità del residuo. Si ha, di solito, un aumento del pH e della capacità alcalina della miscela e, quindi, del comportamento lisciviante del materiale derivante dal trattamento. In alcuni casi, a seconda del legante, la solidificazione può generare cambiamenti chimici della matrice residua.

Campo di applicazione	Questa tecnologia è efficacemente applicabile alla maggior parte dei rifiuti inorganici tra cui: ▪ rifiuti liquidi e fangosi contenenti componenti inorganici (ad esempio, metalli pesanti) e tracce di composti organici non solubili (ad esempio, idrocarbutrri policiclici aromatici) ▪ rifiuti solidi ed essiccati contenenti sostanze inorganiche (in questo casi è richiesta l'idratazione del rifiuto) quali, ad esempio: terreni contaminati e filter cakes, rifiuti a basso contenuto di idrocarburi non solubili, scorie, miscele di rifiuti solidi e liquidi contaminate da metalli pesanti (Cu, Pb, Cd, Hg, Cr, ecc..), residui dalla declorazione delle emissioni degli inceneritori di rifiuti urbani. In genere i rifiuti che non risultano idonei a questo tipo di trattamento sono i rifiuti contenenti composti tossici, volatili o esplosivi. Il prodotto di risulta dalla solidificazione viene, in genere, smaltito direttamente in discarica così come il rifiuto finale solidificato (ad esempio, in blocchi). I punti chiave del trattamento sono: l'idoneità del rifiuto, il controllo di processo, le emissioni generate e le caratteristiche del materiale finale.
Descrizione del processo	Il processo comprende, in genere, lo stoccaggio dei reagenti, una vasca di reazione, ed, in alcuni casi, l'aggiunta di acqua. La figura seguente, tratta dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", mostra una schematizzazione di un tipico processo di immobilizzazione. Abbattimento e monitoraggio Sezione di immobilizzazione Abbattimento e monitoraggio stanza controllo Silo dei reagenti Vasca di reazione Trasferimento in discarica Carico automatico dei rifiuti Molti metodi di stabilizzazione comprendono una prima fase di lavaggio, dove la maggior parte dei sali solubili, ed in parte i metalli, sono estratti prima della reazione chimica dei restanti elementi metallici. Questi metodi sono completati dalla disidratazione del prodotto stabilizzato, che risulta in tal modo pronto per lo smaltimento in discarica.
Utilizzo	La tecnica di inertizzazione maggiormente utilizzata è la stabilizzazione con cemento. L'inertizzazione è, in genere, applicata nella bonifica dei siti contaminati da rifiuti pericolosi e nella gestione dei residui derivanti da processi di trattamento dei rifiuti (es. ceneri da trattamento termico).

E2.1.5 – Disidratazione dei fanghi

Scopo	La disidratazione dei fanghi è finalizzata ad aumentare il contenuto di materiale secco producendo un rifiuto "solido" più facilmente gestibile.
Principio base dell'operazione	Una disidratazione superiore al 10% richiederà preliminarmente una forma di condizionamento chimico per favorire il processo di disidratazione. Esiste una vasta gamma di flocculanti polimerici ad alto peso molecolare che sono particolarmente efficaci nel migliorare la performance della disidratazione. Il trattamento produce un fango compatto, costituito per il 20-50% da materiale solido. I costi generali di smaltimento si riducono nel caso in cui la frazione liquida non richieda, o richieda in minima parte, processi addizionali per la rimozione di contaminanti.
Campo di applicazione	La disidratazione si applica al trattamento dei fanghi.

Descrizione del processo	Esistono varie tecniche di disidratazione e la scelta dipende dalla natura dei solidi prodotti e dal livello di disidratazione del fango richiesto. Si citano, ad esempio: • filtropresse (concentrazione di fanghi: 20-50%[1]); • nastropresse: (concentrazione di fanghi: 15-30%[1]); • centrifughe (concentrazione fanghi: 3-8%[1]). A causa delle forze di torsione si può verificare la rottura del particolato solido; • filtri a tamburo (concentrazione di fanghi: 3-4%; 15-30% in caso di trattamento sotto vuoto[1])
Utilizzo	Nel maggior parte dei casi per la disidratazione dei fanghi vengono utilizzate filtropresse. La frazione acquosa viene successivamente inviata, prima dello scarico in fognatura, a processi di chiarificazione o a sistemi di flottazione DAF (dissolved air flotation). I solidi in eccesso vengono rinviati alle vasche di trattamento.

Note: [1]Fonte: Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste and Water Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector

E2.1.6 - Desorbimento termico

Scopo	La separazione dei composti volatili dal rifiuto solido.
Principio base dell'operazione	Le temperature operative tipiche sono 175-370 °C, ma, in generale, possono essere impiegate temperature da 90 a 650 °C. Il desorbimento termico promuove la separazione fisica dei componenti.
Campo di applicazione	Il desorbimento termico viene efficacemente utilizzato per la rimozione di composti organici volatili e semivolatili da terreni, fanghi e sistemi filtranti. Se presenti, possono essere rimosse anche alcune sostanze con punto di ebollizione più alto quali PCB e diossine. I composti inorganici non sono rimossi facilmente con questo tipo di processo, sebbene alcuni metalli relativamente volatili quali il mercurio possano essere volatilizzati. Non si arriva, in genere, a temperature tali da determinare l'ossidazione dei metalli.
Descrizione del processo	Il suolo viene analizzato per rimuovere oggetti di dimensioni comprese tra 4 e 8 cm di diametro. Lo scambio di calore diretto o indiretto vaporizza i composti organici e produce un gas che viene trattato prima dell'emissione in atmosfera. Possono essere utilizzati i seguenti desorbitori: essiccatore rotante, essiccatore per aggregati d'asfalto, essiccatore a vite, forno alimentato a nastro trasportatore. I sistemi di trattamento includono: unità di processo sia fisse che mobili; essiccatori per aggregati d'asfalto. I sistemi mobili sono quelli più diffusi, grazie al minor costo relativo al trasporto, nel caso di trattamento di suoli contaminati.
Utilizzo	Prevalentemente per suoli contaminati.

E2.2 - Migliori tecniche e tecnologie di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi

Nel presente paragrafo vengono rioportate le conclusioni del "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" sulla individuazione delle migliori tecniche di trattamento chimico – fisico dei rifiuti solidi (BAT).

E2.2.1 – Operazioni preliminari

Pretrattamento prima dell'immobilizzazione

Descrizione	Il pretrattamento prima dell'immobilizzazione consiste, essenzialmente, nel lavaggio/lisciviazione dei sali con acqua e, nel pretrattamento chimico-fisico dei metalli (specialmente l'insolubilizzazione dei metalli anfoteri).
Benefici ambientali attesi	Questo processo produce un materiale ad alta resistenza meccanica e bassissima permeabilità. L'immobilizzazione riduce la produzione di percolato da parte del rifiuto in uscita e quindi la potenziale contaminazione dovuta ai composti solubili presenti nel percolato.
Dati operativi	Il processo è più sofisticato della semplice solidificazione.
Applicabilità	I rifiuti che contengono cromati, i metalli anfoteri quali Pb e Zn ed i rifiuti con sali solubili necessitano di un pretrattamento prima di essere sottoposti al processo di immobilizzazione. Questo pretrattamento consente il trattamento delle ceneri leggere e dei sali generati da declorazione dei fumi derivanti dell'incenerimento di rifiuti urbani. Può essere applicato anche alle ceneri leggere derivanti sia dal trattamento dei fumi con calce sia dal trattamento con bicarbonato di sodio. In quest'ultimo caso, vengono dissociate le componenti solide solubili e insolubili, ridotta la massa di rifiuto conferita in discarica e riciclati i sali solubili.
Aspetti economici	I costi di investimento sono più alti del semplice processo di solidificazione.

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Estrazione dei metalli pesanti e dei sali con soluzioni acide

Descrizione	Sono disponibili diverse tecniche che prevedono l'estrazione mediante l'utilizzo di acidi; alcune di tali tecniche vengono di seguito riportate: • processo di estrazione con acidi: prevede l'estrazione combinata di metalli pesanti solubili e sali attraverso l'utilizzo degli scarichi liquidi acidi degli scrubber. Prima di utilizzare tali liquidi, il mercurio deve essere rimosso per filtrazione e/o per scambio ionico. Il processo di estrazione può essere vantaggiosamente applicato al trattamento delle ceneri. Il rapporto liquido/solido nella fase di estrazione è, in genere, pari a 4 ed il pH è mantenuto intorno al valore di 3,5 mediante l'aggiunta di calce idrata. Con tempi di residenza di almeno 45 minuti è possibile effettuare la precipitazione dei solfati (derivanti dall'anidride solforica degli scrubber) sotto forma di gesso. Il residuo solido viene successivamente disidratato, lavato in controcorrente ed, infine, avviato a discarica, generalmente in miscela con le ceneri pesanti. Il filtrato deve essere trattato al fine di rimuovere i metalli pesanti per neutralizzazione, precipitazione e scambio ionico. • Estrazione acida combinata con trattamento termico: la prima fase prevede il lavaggio delle ceneri con la soluzione proveniente dal primo stadio di trattamento negli scrubber ad umido; successivamente il rifiuto solido viene trattato in forno a tamburo rotante, alla temperatura di 600 °C, per circa un ora in modo da garantire la distruzione della maggior parte dei composti organici e la volatilizzazione del mercurio. Il gas esausto deve essere avviato ad apposito filtro a carbone attivo e il refluo liquido deve essere trattato al fine di garantire la rimozione dei metalli pesanti. La soluzione derivante dal secondo stadio di trattamento in scrubber (basica) viene utilizzata per il lavaggio delle ceneri pesanti e per la neutralizzazione degli effluenti acidi del processo. • Processo di estrazione acida con solfuro: il processo prevede, in primo luogo, la miscelazione delle ceneri leggere, della soluzione basica (NaOH) proveniente dagli scrubber, e di acqua in rapporto liquido/solido pari a 5. Dopo la miscelazione si opera la correzione del pH a valori compresi tra 6 ed 8, mediante l'aggiunta di HCl, in modo da garantire l'estrazione dei metalli pesanti che vengono fatti reagire, nella stessa soluzione, con NaHS portando alla formazione dei solfuri metallici. Viene, quindi, addizionato un opportuno agente flocculante ed il fango così ottenuto è sottoposto a disidratazione. Il precipitato è smaltito in discarica e il refluo liquido è sottoposto ad ulteriore trattamento finalizzato alla rimozione dei metalli pesanti ancora solubilizzati.
Benefici ambientali attesi	Mediante i processi di estrazione è possibile rimuovere frazioni significative dei metalli pesanti presenti nel rifiuto (Cd e Zn ≥85%, Pb e Cu ≥33%, Hg ≥95%). La tendenza alla lisciviazione è, inoltre, ridotta di un fattore pari a 10^2-10^3.
Effetti cross-media	Si può riscontrare un aumento del contenuto di diossine nelle ceneri pesanti qualora queste vengano smaltite assieme alle ceneri provenienti dal trattamento di estrazione con soluzioni acide
Applicabilità	Questo tipo di trattamento è attuabile solo presso impianti di incenerimento dotati di sistemi di trattamento ad umido dei gas esausti autorizzati allo scarico delle acue reflue prodotte
Aspetti economici	Il costo di trattamento è, attualmente, stimabile in circa 150-250 Euro/t
Impianti esistenti	Il primo impianto è entrato in funzione nel 1996. Sono operativi sei impianti in Svizzera ed un impianto nella Repubblica Ceca.

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E2.2.3 - Attività di laboratorio

Descrizione	Alcune tecniche da considerare riguardo alle attività di laboratorio includono: • dotare l'impianto di un laboratorio di analisi. • Applicare un controllo di qualità (compresi i test di cessione), che includa uno screening dei rifiuti per evitare che questi contengano sostanze inibitrici del processo. Per ogni flusso di rifiuti, dovrebbero essere eseguite prove in laboratorio finalizzate ad ottimizzare il processo di miscelazione e la quantità di assorbenti/leganti da aggiungere. Ogni test di laboratorio deve tener conto degli effetti connessi alle differenti tipologie di rifiuti trattati nello stesso ciclo e deve valutare il tempo di permanenza minimo all'interno della vasca di reazione. Deve essere tenuto un registro dei dati riguardanti i test condotti e le tipologie di rifiuti testati. • Specificare i tempi necessari per il campionamento e le prove di laboratorio. Questi tempi saranno comprensivi di quelli necessari per l'ottenimento di un prodotto stabile. • Specificare le modalità di trattamento dei rifiuti non adatti al trattamento chimico – fisico previsto. • Seguire gli standard CEN per i test di cessione sui costituenti inorganici o gli standard CEN per i test a lungo termine per i rifiuti monolitici. • Devono essere seguite procedure di accettazione del rifiuto in ingresso all'impianto inclusi test di cessione su ogni carico prima del trattamento, per confermare livelli previsti nella fase di pre-accettazione per le sostanze individuate come indicatori. • Analizzare i seguenti gruppi di composti che possono causare problemi nel conferimento in discarica: Cl, solfati, F, Pb, Zn, Cd, Ni, Cr totale, idrocarburi, fenoli, IPA, PCB, Cr(VI), As, Hg, CN.
Raggiungimento dei benefici ambientali	La presenza di un laboratorio sul posto è essenziale per monitorare il flusso e garantire l'ottenimento di un buon prodotto finale.

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E2.2.4 - Inertizzazione

BAT	Occorre: • Definire un range accettabile delle caratteristiche del rifiuto che può essere effettivamente trattato dal processo. Questo range determinerà l'efficienza del processo nell'immobilizzare le sostanze chimiche in questione per assicurare un materiale finale che risponda a determinati requisiti. • Dimensionare in modo appropriato le vasche di reazione per tutti i processi di immobilizzazione. • Condurre i processi in vasche di reazione controllate. Le vasche devono essere dimensionate in modo da garantire il corretto rapporto tra rifiuti e reagenti/leganti ed il raggiungimento di una sufficiente miscelazione (e un tempo di residenza adeguato) dei reagenti. • Effettuare un opportuno monitoraggio del sistema. • Applicare le opportune procedure di accettazione del rifiuto. • Promuovere misure finalizzate a limitare l'uso di reagenti polverulenti. • Restringere l'applicabilità ai rifiuti non contenenti composti organici volatili o odorigeni. • Impiegare metodi di caricamento controllati e al chiuso. • Miscelare i reagenti e i rifiuti impiegando agitatori o sistemi di miscelazione all'interno della vasca di miscelazione. • Utilizzare un alimentatore a vite, a gravità o pneumatico per controllare i sistemi di trasferimento dei reagenti e dei rifiuti. • Utilizzare serbatoi di pre-miscelazione peri i liquidi ed i fanghi pompabili. • Utilizzare tubazioni per convogliare i reagenti alla vasca di miscelazione • Impiegare sistemi di estrazione dimensionati tenendo conto degli elevati volumi di aria da rimuovere (grandi dimensioni delle aree di miscelazione e di carico e scarico). È necessario dimensionare questi sistemi anche in previsione di altre possibili fonti di emissione, oltre che per fronteggiare eventuali situazioni di emergenza • Prevedere un sistema di abbattimento centrale verso cui convogliare il flusso di aria, dimensionato tenendo conto dei valori di picco della portata d'aria che si verificano in condizioni di carico e scarico. • Stabilire in dettaglio le metodologie di trattamento e smaltimento delle sostanze utilizzate per l'abbattimento delle emissioni • Tenere un regolare programma di manutenzione e ispezione sul posto, che includa:

	o sostituzione delle vasche interrate o parzialmente interrate senza contenimento secondario con strutture fuori terra; o sostituzione delle strutture senza contenimento secondario. • Promuovere procedure e tecniche in grado di ottimizzare il trattamento chimico-fisico ed il controllo dello stesso (ad esempio, prevedere reazioni di neutralizzazione in fase liquida) • Assicurare il completo svolgimento delle reazioni di neutralizzazione in fase solida • Utilizzare tecnologie con leganti idraulici in particolare per: o fissazione del mercurio come HgS e $Hg_3(SO_4)O_2$ o fissazione dei metalli come fanghi di idrossidi metallici (es. Zn, Pb, Cu, Cr, Cd), composti insolubili e mediante solidificazione o riduzione del cromo esavalente in condizioni basiche (es. con $FeSO_4$) con conseguente precipitazione e solidificazione o fissazione dei composti organici dei fanghi dell'industria chimica, contenenti solfati e sali organici, seguita da precipitazione dei solfati per garantire l'ottenimento di una struttura stabile, ad esempio mediante l'aggiunta di argilla come assorbente o trattamento dei residui ad alto contenuto di arsenico (es da industria chimica e metallurgica o dal trattamento dei minerali) con ossidazione dell'As (III) seguita da stabilizzazione e solidificazione • Valutare la possibilità di migliorare la qualità del prodotto finale mediante l'utilizzo di appositi additivi • Non fare affidamento unicamente ai processi di stabilizzazione per lo smaltimento dei rifiuti che non trovano altra forma di trattamento o il cui incenerimento risulta troppo costoso. Tali rifiuti includono: cianuri solidi, agenti ossidanti, agenti chelanti, rifiuti ad alto tenore di COD, rifiuti contenenti solventi a basso punto di infiammabilità e bombole di gas.
Benefici ambientali attesi	Aumento delle prestazioni ambientali del processo di immobilizzazione. La stabilizzazione è un processo a freddo e quindi non richiede energia. Il rifiuto in uscita da queste tecnologie generalmente possiede buone caratteristiche chimico-fisiche e un buon comportamento dal punto di vista della percolazione. Dal momento che si tratta di un processo a freddo, l'inquinamento atmosferico, anche dovuto ai fumi, è minore. Nel prodotto finale può essere raggiunta una permeabilità all'acqua pari a $3.7x10^{-11}$ m/s nel caso in cui venga utilizzato cemento come agente immobilizzante. I reagenti/leganti sono principalmente rifiuti (ceneri leggere da centrali elettriche, scorie da acciaierie, residui da fornaci di cemento).
Effetti cross-media	Il rapporto rifiuto in uscita/rifiuto in entrata è, in genere, compreso tra 1,2 e 2,4 in peso e tra 0,9 e 1,4 in volume. Il processo porta, quindi, ad un aumento di peso e ad un leggero aumento di volume. Al fine di impedire o, comunque, limitare le emissioni di composti organici volatili i rifiuti contenenti tali composti dovrebbero essere trattati in reattori chiusi e i COV non soggetti alla solidificazione dovrebbero essere avviati ad opportuno trattamento (ad esempio, in scrubber). Tale fase può consentire di evitare un doppio trattamento del rifiuto (ad esempio, desorbimento termico per la rimozione dei COV seguito da stabilizzazione/solidificazione). Va rilevato che l'immobilizzazione non permette di ridurre il contenuto dei contaminanti presenti nel rifiuto ma determina semplicemente una alterazione della composizione chimica per effetto di specifiche reazioni. I composti organici, ad esempio, non sono, in genere, immobilizzati dal trattamento ma vengono solamente adsorbiti. Il rifiuto in uscita è, quindi, da considerarsi non stabile per lunghi periodi ed i composti possono essere rilasciati, ad esempio, in seguito a percolamento.
Dati di esercizio	Questa tecnica è di facile applicazione e rappresenta un processo relativamente semplice. Il consumo energetico è basso. Quando viene utilizzato cemento come materiale per la stabilizzazione il rapporto tra rifiuto da trattare e cemento utilizzato è tra 1:3 e 1:4 a seconda del tipo di rifiuto.
Applicabilità	Queste tecnologie sono molto efficaci nel trattamento di rifiuti inorganici o di rifiuti inorganici contenenti piccole quantità di composti organici non solubili in acqua. Con questa tecnica, possono essere trattati una vasta gamma di rifiuti (liquidi, solidi, molti inquinanti chimici, ceneri, ecc.). I rifiuti contenenti cromati, metalli anfoteri quali Pb e Zn e rifiuti che contengono alcuni sali solubili, necessitano di un pre-trattamento prima di essere sottoposti al processo di immobilizzazione. Tra i rifiuti che non sono adatti al processo di inertizzazione vi sono: • rifiuti infiammabili o altamente infiammabili • rifiuti contenenti sostanze volatili • agenti ossidanti • rifiuti odorosi

	• rifiuti contenenti rifiuti organici altamente solubili • rifiuti contenenti molibdeno • rifiuti contenenti sali inorganici solubili
Aspetti economici	I processi a freddo richiedono in genere semplici attrezzature e sono caratterizzati da bassi costi sia di investimento che di gestione.
Linee guida per l'implementazione	La semplice diluizione o l'assorbimento, senza che ad essi sia associato un cambiamento fisico-chimico, non è un processo di trattamento accettabile. Per esempio, l'assorbimento di un liquido sulla segatura, cosicché non si ha più un rifiuto liquido, non è accettabile come pretrattamento prima del conferimento in discarica.

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E2.2.5 - Solidificazione con cemento

Descrizione	I rifiuti sono miscelati con cemento Portland, additivi (per controllare le proprietà del cemento) ed acqua in un quantitativo sufficiente ad assicurare lo svolgimento delle reazioni di idratazione necessarie affinchè il cemento leghi. I rifiuti sono quindi incorporati nella matrice cementizia. La tecnica di solidificazione a base cementizia si basa sull'utilizzo di attrezzature facilmente disponibili sul mercato. La miscelazione e la gestione associate al processo sono ben sviluppate e note. Il prodotto solidificato può essere conferito in discarica.
Benefici ambientali attesi	Il principale vantaggio della solidificazione con cemento sta nel ridotto contatto tra l'acqua e i residui e, nella possibile formazione di composti meno solubili quali: idrossidi di metallo e carbonati. Il prodotto solidificato è relativamente semplice da maneggiare e il rischio di formazione di polveri e di rilascio di metalli pesanti nel breve termine è molto basso. Tuttavia gli alti valori di pH caratteristici dei sistemi a base cementizia possono determinare il rilascio di metalli anfoteri (Pb e Zn).
Effetti cross-media	Lo svantaggio di questo metodo risiede nel fatto che non viene impedito il rilascio dei sali solubili e questo può eventualmente causare la disintegrazione fisica del prodotto solidificato, causando un ulteriore percolazione. L'aggiunta di cemento e additivi aumenta la quantità di rifiuto da gestire; in genere, infatti, viene addizionata una quantità di cemento e additivi corrispondente al 30-50% circa del peso secco del rifiuto in ingresso oltre ad una quantità di acqua compresa tra il 30% ed il 100% del peso secco totale. Il peso del rifiuto in uscita può, pertanto, risultare superiore da 20-30 kg/t fino a 40-60 kg/t rispetto al peso del rifiuto in entrata, considerando un'aggiunta di acqua pari a circa il 50% del peso secco totale.
Dati di esercizio	Il consumo di acqua e di energia è variabile e non è quantificato. Il funzionamento e il controllo delle apparecchiature utilizzate da questa tecnologia sono relativamente semplici e comparabili alle procedure standard nell'industria del cemento.
Applicabilità	La solidificazione è tipicamente attuata in impianti dedicati ubicati nelle vicinanze del luogo di destinazione finale del rifiuto. La tecnica può essere utilizzata su tutti i rifiuti derivanti dal trattamento delle emissioni gassose. La solidificazione con cemento è stata, inoltre, utilizzata su diverse altre tipologie di rifiuti pericolosi.
Aspetti economici	I costi di trattamento per la sola solidificazione con cemento sono stimati intorno ai 25 euro per tonnellata di rifiuto.
Linee guida per l'implementazione	La tecnica è relativamente semplice da utilizzare ed inoltre è ben nota. Le caratteristiche del percolato del prodotto solidificato possono essere considerevolmente migliorate rispetto al rifiuto non trattato. La stabilizzazione dei residui APC attraverso la solidificazione con cemento è stata ed è ancora considerata accettabile da molte autorità nei diversi Paesi del mondo.
Esempi di impianti	La tecnica rappresenta, probabilmente, il metodo più comunemente utilizzato per la gestione dei rifiuti derivanti dai sistemi di trattamento delle emissioni gassose ed è molto diffusa in Europa. Le principali tipologie di solidificazione con cemento utilizzate in alcuni Paesi Europei sono elencate nella tabella sottostante (fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries")

Paese	Caratteristiche
Austria	È operativo, presso Vienna, un impianto di solidificazione con cemento di ceneri e scorie derivanti dai processi di incenerimento dei rifiuti urbani.
Germania	Diverse compagnie di estrazione del sale in Germania ricevono rifiuti derivanti dal trattamento delle emissioni gassose ed effettuano su questi la solidificazione con cemento utilizzando poi i residui come materiale di riempimento e di rinforzo. La solidificazione con cemento è, per alcune miniere, realizzata in un impianto centrale che utilizza diverse miscele a seconda della destinazione finale e delle richieste. Dall'impianto centrale di solidificazione, il prodotto è poi trasportati alla miniera ricettrice.

Svizzera	In Svizzera viene utilizzata una variante della solidificazione con cemento in cui i rifiuti sono lavati con acqua, in un rapporto liquido solido pari a 2:1, e, successivamente, essiccati prima della miscelazione con cemento. In tal modo viene rimossa la maggior parte dei sali solubili, con conseguente maggiore longevità del materiale solidificato. Dopo la solidificazione, i rifiuti sono depositati in discarica a livello superficiale, prima dell'indurimento. In alcuni impianti, la miscela è gettata in stampi per produrre blocchi che vengono successivamente trasportati in discarica.
Svezia	In una discarica in Svezia (Hogdalan), i rifiuti derivanti dal trattamento delle emissioni gassose vengono solidificati con cemento in blocchi e, dopo l'indurimento, posizionati nella discarica stessa a livello superficiale.

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Tabella 10 – Prestazioni connesse all'utilizzo di diversi reagenti nei processi di solidificazione in funzione delle sostanze contenute nel rifiuto.

Componenti del rifiuto	Reagenti a base di cemento	Reagenti a base di pozzolana	Reagenti termoplastici	Reagenti a base di polimeri organici
Composti organici non polari: • olio e grasso • idrocarburi aromatici • idrocarburi alogenati • PCB	Possono ostacolare la sedimentazione e la successiva solidificazione. Diminuzione della durevolezza nel lungo periodo. Si può avere emissione di sostanze volatili nella fase di miscelazione.	Possono ostacolare la sedimentazione. Diminuzione della durevolezza nel lungo periodo. Si può avere emissione di sostanze volatili nella fase di miscelazione.	Possibile vaporizzazione dei composti organici per effetto del riscaldamento.	Possono ostacolare la sedimentazione e la successiva solidificazione.
Composti organici polari: • fenoli • alcoli • acidi organici • glicoli	I fenoli ritardano in modo significativo la solidificazione e causano una diminuzione della duravolezza sia nel breve che nel lungo periodo.	I fenoli ritardano in modo significativo la solidificazione e causano una diminuzione della durevolezza sia nel breve che nel lungo periodo. Gli alcoli possono ritardare la solidificazione.	Possibile vaporizzazione dei composti organici per effetto del riscaldamento	Non vi sono effetti significativi sulla solidificazione.
Acidi: • acido cloridrico • acido fluoridrico	Non vi sono significativi effetti sulla solidificazione. Il cemento neutralizza gli acidi. Il cemento Portland tipo II e IV garantisce maggiore durevolezza rispetto al cemento di tipo I. Efficacia del trattamento dimostrata	Non vi sono effetti significativi sulla solidificazione.. Efficacia del trattamento dimostrata	Possono essere neutralizzati prima dell'incorporazione.	Possono essere neutralizzati prima dell'incorporazione. L'utilizzo di urea formaldeide si è dimostrato efficace
Ossidanti come: • ipoclorito di sodio • permanganato di potassio • acido nitrico • bicromato di potassio	Compatibile	Compatibile	Può causare la rottura della matrice. Rischio incendi.	Può causare la rottura della matrice. Rischio incendi
Sali quali: • solfati • composti alogenati • nitrati	Aumenta il tempo di solidificazione. Diminuisce la durevolezza. I solfati possono ritardare la solidificazione e causare	Gli alogenuri sono rilasciati facilmente e ritardano la solidificazione. I solfati possono ritardare o accelerare	I solfati e gli alogenuri possono causare disidratazione e reidratazione a causa delle spaccature.	Compatibile

Componenti del rifiuto	Reagenti a base di cemento	Reagenti a base di pozzolana	Reagenti termoplastici	Reagenti a base di polimeri organici
• cianuri	fratture se non vengono utilizzate particolare tipologie di cemento. I solfati possono accelerare reazioni collaterali	le reazioni.		
Metalli pesanti: • piombo • cromo • cadmio • arsenico • mercurio	Compatibile. Può aumentare il tempo di solidificazione. Processo efficace in determinate condizioni	Compatibile. Processo efficace per determinati composti (Pb, As, Cr)	Compatibile. Efficacia dimostrata su alcune specie (Cu, As, Cr)	Compatibile. Processo efficace su arsenico.

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E2.2.6 - Stabilizzazione con fosfato

Descrizione	Il processo si basa sulla stabilizzazione chimica con fosfato. Il trattamento è relativamente semplice e prevede l'utilizzo di un mezzo di miscelazione (simile all'impastatrice per argilla) in cui vengono inseriti i reagenti nelle opportune proporzioni. Nel miscelatore viene poi aggiunto fosfato solubile. Avvenuta la miscelazione, un trasportatore posto all'uscita del miscelatore rimuove il prodotto trattato. In alcuni casi, a seconda delle caratteristiche del rifiuto in ingresso, vengono utilizzati anche altri additivi quali la calce. Le cinetiche di reazione sono veloci ed il rifiuto può ritenersi completamente trattato senza necessità di ulteriori trattamenti.
Raggiungimento dei benefici ambientali	I sali vengono trattenuti nel rifiuto in uscita. Rispetto agli altri processi in questo caso viene aggiunta una quantità di acqua relativamente bassa. Il rilascio di metalli e sali in discarica è, in genere, maggiore rispetto a quelli degli altri processi di trattamento.
Effetti cross-media	Il processo non produce acque reflue. Si può avere formazione di percolato dopo la messa in discarica a causa dell'aumentata solubilità di alcuni metalli pesanti (es. Pb e Cd).
Dati di esercizio	Le quantità specifiche di acqua e fosfato, così come quelle di altri eventuali additivi, possono variare a seconda delle caratteristiche del rifiuto.
Applicabilità	Il trattamento rappresenta una integrazione dei processi di incenerimento; esso può essere anche condotto in impianti centralizzati in grado di trattare i rifiuti provenienti da diversi inceneritori. Il processo è stato inizialmente ideato per il trattamento dei residui derivanti dall'incenerimento dei rifiuti urbani, ma è stato testato ed utilizzato anche su altre tipologie di rifiuto (es. suoli contaminati, scorie, fanghi, ecc).
Aspetti economici	Il costo relativo al trattamento di rifiuti derivanti dai sistemi di abbattimento delle emissioni gassose si aggira, attualmente, intorno ai 15 Euro/t. Oltre a questo, è richiesto un diritto di 5-10 euro/ton per l'uso del progetto brevettato. I costi di investimento possono variare dai 150.000 ai 500.000 Euro in funzione delle apparecchiature già presenti nell'impianto
Linee guida per l'implementazione	La ragione principale per l'implementazione di questa tecnica risiede nella sua semplicità di funzionamento..
Esempi di impianti	Il processo è al momento utilizzato in USA, Giappone e Taiwan presso 90 impianti di incenerimento di rifiuti urbani che trattano, annualmente, più di 2 milioni di tonnellate di ceneri pesanti e rifiuti derivanti dai sistemi di abbattimento delle emissioni gassose.

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E2.2.7 - Trattamento termico dei rifiuti solidi

Descrizione	Questa tecnica include la vetrificazione e la fusione dei rifiuti solidi, già analizzate in precedenza. Diverse sono le tecniche che possono essere utilizzate per riscaldare i rifiuti: sistemi elettrici, sistemi con bruciatori a combustibile e sistemi a scoppio. Questi differiscono solo nel modo in cui viene trasferita l'energia ai rifiuti. Generalmente le tecniche si ispirano alle fornaci utilizzate nella produzione di ferro e acciaio.

Benefici ambientali attesi	A seconda del sistema di fusione, è possibile recuperare le leghe metalliche dalla camera di reazione. Inoltre, in funzione della temperatura nella camera stessa e dello stato di ossidazione o riduzione della fase gassosa, i metalli pesanti (specialmente Cd e Pb) possono essere volatilizzati e rimossi con i gas uscenti. Tutte le configurazioni di processo necessitano di sistemi di abbattimento dei gas per minimizzare le emissioni. Un vantaggio connesso all'utilizzo di questa tipologia di trattamento è legato alla distruzione degli inquinanti organici, ad es. diossine. Gli impianti di trattamento termico in genere riducono il volume dei residui di circa il 30-50% rispetto al volume in entrata. La fusione aumenta la densità dei prodotti a circa 2,4-2,9 t/m^3. I prodotti di fusione e i prodotti vetrificati possiedono, in genere, buone proprietà di ritenzione, ma alcuni studi mostrano che i prodotti sinterizzati raggiungono circa lo stesso livello di stabilità rispetto alla ritenzione. I prodotti derivanti dalla vetrificazione sono, generalmente, caratterizzati da maggior stabilità e densità.
Effetti cross-media	Uno dei maggiori svantaggi di questi metodi è connesso alla loro elevata richiesta energetica. La vetrificazione e la fusione portano alla mobilizzazione di elementi quali Hg, Pb e Zn; tali processi sono, in genere, condotti in combinazione con altri trattamenti al fine di produrre un prodotto riciclabile con un basso contenuto in metalli pesanti. A causa del rilascio di metalli pesanti durante il processo, il trattamento termico richiede un sistema aggiuntivo di trattamento delle emissioni. Il processo determina, inoltre, la produzione di rifiuti solidi derivanti dal trattamento dei gas. D'altra parte, i metalli possono essere recuperati dal processo ed, in alcuni, i prodotti vetrificati possono essere riciclati.
Dati di esercizio	Generalmente viene utilizzato un quantitativo di energia pari a 700-1.200 kWh/t di rifiuto trattato per raggiungere e mantenere la temperatura necessaria per lo svolgimento del processo, sebbene siano stati rilevati anche valori superiori a 8.000 kWh/t. Il consumo di energia e le modalità operative variano in funzione della tipologia di impianto.
Applicabilità	In genere, il rifiuto in entrata deve rispettare alcuni requisiti, quali ad esempio: contenuto di acqua <5%, contenuti di incombusti <3%, contenuto in metalli <20% sul peso e dimensioni delle ceneri <100 mm. Il processo termico è ampiamente utilizzato nel trattamento di ceneri pesanti e di miscele di ceneri pesanti e rifiuti derivanti dal trattamento delle emissioni gassose. Questi ultimi contengono, in genere, elevate concentrazioni di sali e metalli pesanti e la loro gestione separata può richiedere un trattamento estensivo dei gas con conseguente riduzione dei benefici generali legati al trattamento stesso
Aspetti economici	La tecnica è generalmente abbastanza costosa rispetto alle altre opzioni di trattamento. Il costo indicato è, infatti, dell'ordine dei 100-500 Euro/t di rifiuto trattato. I costi di investimento si aggirano intorno ai 20 milioni di Euro per un impianto con capacità pari a 1 – 1,5 t/ora.
Linee guida per l'implementazione	La ragione principale per l'implementazione della tecnica è data dalle buone capacità di ritenzione del prodotto finale e dalla significativa riduzione in volume. I composti organici quali diossine e furani sono quasi completamente distrutti.
Esempi di impianti	

Paese	Caratteristiche				
USA	Un processo di vetrificazione include fasi iniziali quali estrazione acqua, essiccamento a 500°C prima dell'aggiunta di additivi vetrosi e fusione. L'iniziale lavaggio ed essiccazione sono eseguiti allo scopo di rimuovere i cloruri e il carbonio organico resido.				
Giappone	Gli impianti per il trattamento termico delle ceneri pesanti e dei residui APC includono:				
	Tipo	Tecnologia	In funzione	Progettato	Capacità [ton/giorno]
	Fusione elettrica:	Arco elettrico	4	2	655
		Plasma elettrico	4	2	183
		Resistenza elettrica	2	3	148
	Bruciatore	Superficie riflettente	12		209
		Superficie rotante	5		84
	Fusione a scoppio:	coke bed	3		2.20
		Combustione del carbonio residuale	1		15
	Totale		31	7	1464

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E2.2.8 - Tecniche da considerare per il trattamento delle scorie

Descrizione	I punti che seguono descrivono le misure generali che possono essere prese in considerazione per migliorare la qualità delle scorie ai fini di un loro riutilizzo, ad esempio, dopo incenerimento o dopo processi di essiccamento. Questi includono: • separazione delle scorie dagli altri prodotti dei processi di combustione quali filtri e polveri di caldaia, al fine di ridurre la frazione dei metalli pesanti • evitare la miscelazione delle scorie provenienti da diverse sorgenti • re-incenerire il materiale organico non completamente incenerito • essiccare le scorie (la scoria è essiccata comunemente con la messa in stoccaggio per un periodo di tempo pari a 2 – 4 settimane); questo processo richiede una base di appoggio solida (quale una superficie cementizia) e un sistema di raccolta degli effluenti • utilizzo di un processo di lavaggio preliminare per ridurre la probabile presenza della frazione delle scorie solubili in acqua • separazione delle scorie metalliche • eliminazione dalla scoria delle frazioni fini (tali frazioni potrebbero, altrimenti, essere rilasciate molto facilmente nel percolato) • analisi dell'eluato e dei solidi per individuare la destinazione finale del materiale (recupero e/o smaltimento in discarica).
Benefici ambientali attesi	Migliora le qualità delle scorie e può, quindi, favorire recupero.

E.2.3 Aspetti tecnici e tecnologici dei presidi ambientali

Nei processi di trattamento chimico fisico si possono avere diverse sorgenti di emissioni di gas, polveri e vapori (movimentazione dei rifiuti, operazioni di trattamento, operazioni di laboratorio).

L'abbattimento del particolato deve essere condotto mediante trattamenti a secco e/o ad umido. Le fasi a secco, se non seguite da lavaggio, devono prevedere l'impiego di filtri a maniche; qualora esse siano, invece, seguite da lavaggio, una prima depolverazione potrà essere condotta con cicloni. Il lavaggio delle emissioni, con acqua o soluzioni acquose, deve avvenire in colonne con o senza riempimento oppure in venturi–scrubber. Per i fluidi di lavaggio deve essere previsto il riciclo ed il controllo delle operazioni di spurgo e di reintegro.

Le apparecchiature elettromeccaniche dell'impianto devono essere collocate in locali confinati posti sotto aspirazione. Qualora all'interno dei locali sia prevista la presenza di personale, il sistema di aspirazione deve essere dimensionato sulla base dei ricambi d'aria necessari a preservare la salubrità dell'ambiente lavorativo. In assenza di personale, deve essere garantita almeno una leggera depressione.

Nel caso di impianti di vetrificazione la progettazione della linea di trattamento delle emissioni deve essere volta alla rimozione di metalli, SO_X, cloruri, NO_X. La linea di trattamento, in conseguenza dell'alta temperatura del flusso gassoso che si libera dal forno di vetrificazione, deve disporre preliminarmente di una fase di raffreddamento rapido mediante un flussaggio di acqua. Il trattamento delle emissioni: COV, NH_3, sostanze maleodoranti, vapore acqueo, dalle fosse di prima raccolta dell'inertizzato deve essere condotto con una o più fasi di assorbimento con reazione chimica e/o con biofiltrazione. Le fosse di raccolta devono essere confinate e mantenute in leggera depressione.

E3 - Aspetti ambientali

E.3.1 Impatto sull'ambiente

Nell'analisi degli impatti dovuti al trattamento chimico fisico dei rifiuti si deve considerare:

- emissioni/impatti odorigeni generati nelle diverse fasi del processo
- le emissioni di rumori
- la movimentazione dei mezzi
- la produzione di polveri e particolato fine
- il consumo di acqua e i reflui
- consumo energetico
- la produzione di rifiuti connessa a queste attività
- inserimento territoriale e paesaggistico.

In generale i suddetti impatti si manifestano effettivamente solo in corrispondenza di una deficitaria progettazione, realizzazione o gestione degli impianti, pertanto possono essere efficacemente prevenuti o ridotti mediante l'adozione di particolari accorgimenti costruttivi, di opportuni dispositivi di abbattimento degli inquinanti ed, infine, tramite una corretta gestione di tutte le attività connesse all'impianto.
Analizzando i benefici ambientali degli impianti di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi, va sottolineato che i processi di stabilizzazione/solidificazione consentono di ottenere un prodotto caratterizzato da:

- minimo rilascio di sostanze inquinanti nel percolato che costituisce la via principale di diffusione nell'ambiente degli inquinanti presenti nei rifiuti confinati in discarica; con l'inertizzazione viene minimizzata soprattutto la possibilità di rilascio di metalli pesanti (per raggiungere questo obiettivo è necessario che i rifiuti da sottoporre a inertizzazione non abbiano un contenuto di TOC superiore al 10% in modo da prevenire l'evoluzione di processi di fermentazione anaerobica che, portando allo sviluppo di acidi grassi a catena breve, potrebbe causare la solubilizzazione dei metalli nel percolato; la stabilizzazione con additivi quali cemento e calce impedisce solo in parte i fenomeni di fermentazione)
- facile manipolabilità
- aggregazione di particelle fini in materiale con pezzatura più grossolana e conseguente eliminazione di polveri; viene, quindi, impedita la diffusione nell'ambiente di composti organici a elevato punto di ebollizione, normalmente adsorbiti sulle particelle solide più fini.

E3.2 - Emissioni negli impianti di trattamento chimico – fisico dei rifiuti solidi
Nella tabella seguente sono riportate le possibili emissioni dagli impianti di trattamento chimico - fisico dei rifiuti solidi tratte dal "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries".
Le diverse emissioni dipendono dalla tipologia di rifiuti in ingresso agli impianti e dai diversi sistemi di abbattimento adottati.

Tabella 11 - Emissioni derivanti dal trattamento chimico fisico dei rifiuti solidi e dei fanghi

Sezione di trattamento	Aria	Acqua	Rifiuti
Filtrazione/pressatura	Ammoniaca e VOC se vi è un alto contenuto di sostanza organica nei rifiuti		
Sezione di immobilizzazione	Emissioni dal sistema di ventilazione; emissioni durante il trasferimento del rifiuto dal reattore di miscelazione alla movimentazione fuori impianto e dalla fuoriuscita attraverso le porte di accesso durante il caricamento della vasca di reazione		
Miscelazione fanghi	particolato e VOC, in particolare		

Sezione di trattamento	Aria	Acqua	Rifiuti
	se si verifica una reazione esotermica		
Gestione fanghi (es. pressatura e stoccaggio)	VOC, gas dalla soluzione		
Solidificazione	possibile emissione di particolato		
Sistemi di carico del rifiuto automatizzati	VOC, polvere emissioni osmogene durante il trasferimento del rifiuto e del reagente		
Reattori	Le emissioni che si verificano sono dovute a reazione tra sostanze incompatibili. Reazioni incontrollabili dovute a dosaggio non corretto dei reagenti o alla formazione di "hot spots" nella miscela	Perdite da apparecchiature mantenute in cattivo stato o danneggiate	Perdite da apparecchiature mantenute in cattivo stato o danneggiate
Silo dei reagenti	Polveri dai sili dei reagenti. Fughe gassose dai sistemi di connessione dei sili e polveri provenienti dallo stoccaggio dei reagenti		

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Emissioni derivanti dai processi di desorbimento termico

Le emissioni dei processi di desorbimento termico dipendono dalla tipologia di rifiuti trattati, dal processo di desorbimento utilizzato e dai sistemi di abbattimento delle emissioni. Le sorgenti delle emissioni possono essere diverse e anche esse dipendono dal tipo di processo utilizzato.

Ad esempio, un sistema di riscaldamento a combustibile utilizza, generalmente, propano, gas naturale o olio combustibile; se come sistema di abbattimento delle emissioni si utilizzano filtri a manica, scrubber e sistemi di adsorbimento su carbone attivo i gas esausti conterranno piccole quantità dei contaminanti inizialmente presenti, e i prodotti delle possibili reazioni chimiche. Anche i volumi dei gas in uscita dipendono dal tipo di trattamento utilizzato. In tabella 12 sono riportati alcuni valori, indicativi, relativi alle emissioni dei processi di desorbimento termico.

Tabella 12 - Emissioni dal processo di desorbimento termico

	Portate di gas (Nm^3/h)	Inquinanti
Riscaldamento diretto	17.000-85.000	VOC
Riscaldamento indiretto	1.700-8.500	VOC

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

I possibili punti di emissione sono, invece, riportati nella seguente tabella.

Tabella 13 - Punti di emissione dal processo di desorbimento termico

Inquinanti	Fonti di inquinamento
Perdite	- escavazione di suoli contaminati - nastri di carico, tramogge di carico - gas esausti da sistemi di riscaldamento, trattamento suoli, polveri dal sistema di controllo del particolato, olio non trattato dalla separazione olio/acqua, carbonio esausto dalla fase liquida o vapore dal sistema di adsorbimento
Materiale particolato, ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO), gas acidi	- Combustione - Pirolisi
Diossine furani e fenoli	

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Tabella 14 - Caratteristiche delle emissioni di un essiccatore di aggregato di asfalto

Parametro	**Concentrazione iniziale (ppm)**[a]	**Concentrazione finale (ppm)**[a]	**Efficienza (%)**	**Gas in uscita**[b] **concentrazione**
PM		700-1.000 mg/Nm^3		
Benzene	0,11-39,5	<0,01-0,06	84,5-99,9	4,3-8,6 ppmd
Toluene	0,27-<2	<0,01-0,1	n/a	0,6-0,8 ppmd
M,p-xilene	<0,8-<03	0,2-1,2	<75	0,42-3,5 ppmd
o-xilene	3,1-15,6	<0,01	99,7-99,9	
xilene totale	13,1	0,1	99,2	
etilbenzene	0,11	<0,01	>90	
THC	39-393	5,7-9,5	85-97,5	129-2.800 ppm
VOC		0,045-2,27 kg/h		
diesel	1.875	<1	>99,9	
naftalene				5.136-6.757 µg/Nm^3
acenaftilene				634-901µg/Nm^3
acenaftene				317-638 µg/Nm^3
fluorantene				405-763 µg/Nm^3
fenantrene				385-645 µg/Nm^3
antracene				<1,4-427 µg/Nm^3
fluorantrene				24-135 µg/Nm^3
pirene				32-111 µg/Nm^3

Note: [a]dati determinati su due o tre impianti a seconda del parametro
[b]dati determinati su due impianti dotati, per il trattamento delle emissioni gassose, di scrubber ad umido e ciclone.
Le emissioni dei VOC derivanti dalle operazioni di essicamento degli aggregati di asfalto variano di diversi ordini di grandezza a seconda dell'utilizzo o meno di postcombustori come dispositivi di controllo delle emissioni. Tali sistemi di trattamento non prevedono il controllo dei VOC ad eccezione di quelli modificati ai fini del trattamento dei suoli contaminati.
Sono state condotte anche stime relative ad emissioni derivanti dal trattamento di suoli contaminati in essiccatori di aggregati di asfalto. Questi sistemi sono costituiti da un inceneritore a tamburo rotante che opera a temperature comprese tra 290-540 °C. Al fine di limitare le emissioni di materiale particolato vengono utilizzati cicloni e filtri a manica. L'utilizzo di sistemi di ossidazione termica consente di eliminare i composti organici nei gas esausti, con efficienze comprese tra il 99%-99,9% e con una velocità di processo di 32-54 t/h.
Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Tabella 15 - Emissioni stimate di alcuni composti derivanti dalla decontaminazione di suoli da PCB tramite il processo di desorbimento termico

Inquinante	**Unità di misura**	**Tempo di residenza** (minuti)	**Temperature** (°C)	**Concentrazione iniziale**	**Concentrazione finale**	**Velocità di emissioni non controllate** (g/h)	**Velocità di emissione stimata** (g/h)
PCB	ppm	19	550	37,5	2	1,14	5,68*10^{-2}
2,3,7,8 TCDD	ppb	40	560	260	0,018	0,008	4,16*10^{-4}
	ppb	19	560	236	0,018	0,007	3,78*10^{-4}
	ppb	10,5	560	266	0,018	0,008	4,26*10^{-4}
	ppb	24	460	233	0,5	0,007	3,72*10^{-4}
	ppb	5,6	550	48	0,084	0,001	7,67*10^{-5}
	ppb	20	555	56	0,23	0,001	8,92*10^{-5}
Efficienza media stimata: 95%							

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Emissioni dal processo di estrazione dai terreni contaminati (washing)

Nel processo di lavaggio dei suoli le fasi di escavazione, manipolazione, preparazione ed estrazione del terreno sono possibili fonti di emissione; inoltre i rifiuti prodotti possono dar luogo ad emissioni di VOC.

La fase di recupero del solvente tramite evaporazione ed altre fasi di trattamento dei solventi sono possibili fonti di emissioni in atmosfera.

I flussi di rifiuti generati dal suddetto processo sono rispettivamente: il suolo contaminato separato dalle acque di lavaggio, le acque reflue, i fanghi e i rifiuti solidi provenienti dal trattamento delle acque reflue. Si hanno, inoltre, emissioni in atmosfera.

Tabella 16 – Emissioni derivanti da un impianto di trattamento di lavaggio di suoli contaminati (capacità dell'impianto: 68.000 t/anno)

Emissione in acqua	Concentrazione (mg/l)
Solidi sospesi	60
BOD_5	25
COD	350
Nitriti (NO_2-N)	10
P totale	2
Cr totale	0,3
Cu	0,5
Hg	0,05
Ni	0,3
Pb	0,3
Zn	2
Residui del processo	
Fanghi	
Altre frazioni residue	IPA e ossidi metallici

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E3.3 Produzione dei rifiuti negli impianti di trattamento chimico-fisico

Gli impianti di trattamento chimico fisico necessitano di accorgimenti tecnici e di applicazioni tecnologiche volte alla riduzione delle emissioni, rappresentate da polveri, gas e sostanze osmogene, reflui di processo, rifiuti solidi, rumore. Le specifiche emissioni degli impianti dipendono anche dalla tipologia di rifiuti trattati.

I diversi flussi di rifiuti prodotti dai trattamenti chimico fisici generalmente sono da destinarsi in discarica. Sono di seguito riportati i flussi di rifiuti prodotti come riportati nel "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries".

Rifiuti solidi e fanghi derivanti dal trattamento di stabilizzazione/solidificazione

Il materiale derivante dal trattamento di stabilizzazione/solidificazione ha, in genere, lo stesso contenuto in metalli e composti organici del rifiuto di origine, ma è caratterizzato da una minore tossicità e solubilità dei diversi composti.

La permeabilità all'acqua del rifiuto stabilizzato dipende da diversi fattori (ad esempio, natura del rifiuto, natura e quantitativo di reagente addizionato per la stabilizzazione, ecc.) e può, in generale, variare tra 10^{-9} e 10^{-12} m/s

Le ceneri pesanti e le scorie, dopo essere state sottoposte ad inertizzazione, possono essere riutilizzate, se rispondenti a determinati parametri e con opportune misure di sicurezza, nei modi seguenti:

- nella costruzione di strade parcheggi, aeroporti e porti; al fine di evitare fenomeni di percolamento è comunque necessaria la presenza di uno strato impermeabile di asfalto o

calcestruzzo al di sotto dello strato di ceneri/scorie

- nella costruzione di argini stradali o di pareti insonorizzanti; in tal caso è importante che siano rispettate condizioni idrogeologiche specifiche; ad esempio, deve essere, comunque, presente uno strato di argilla o di terriccio di spessore pari ad almeno 2 m affinché sia garantita la protezione della falda acquifera da possibili contaminazioni. Deve, inoltre, essere presente una superficie minerale impermeabile (d>0,5 m e $k_F < 10^{-8}$)
- il riutilizzo in prossimità di corpi idrici di importanza rilevante ed in zone idrogeologicamente sensibili deve essere accertato caso per caso mediante opportune ispezioni e verifiche.

Nelle tabelle 17 e 18 vengono riportati i valori riscontrati in ceneri pesanti dopo il trattamento chimico-fisico relativi ad alcuni parametri di una certa rilevanza.

Tabella 17 – Presenza di metalli nelle ceneri pesanti dopo il trattamento chimico-fisico (analisi condotta sul solido)

Metallo	Concentrazione minima[1]	Concentrazione media[1]	Concentrazione massima[1]
As	0	0,074-0,15	0,187
Cd	0,0008	0,0037-0,01	0,0167
Cr	0,067	0,172-0,6	0,726
Cu	0,150	0,6-6,826	29,781
Hg	0	0,01-0,07	0,37
Ni	0,023	0,165-0,6	0,661
Pb	0,19	1-1,222	4,063
Tl	0		
Zn	0,470	1,5-2,970	14,356

Note:[1]unità di misura: g/kg ad esclusione del Hg la cui concentrazione è espressa in mg/kg
Il valore 0 sta ad indicare una concentrazione inferire al limite di rilevabilità
Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Tabella 18 – Analisi dell'eluato di ceneri pesanti dopo il trattamento chimico-fisico

Parametro	Concentrazione minima[1]	Concentrazione media[1]	Concentrazione massima[1]
Cl	29		
Solfati	43		
CN totale	0		
Indice di fenolo	0		
As	1,3	5,3	16,1
Cd	0	0,8	5
Cr	0	15,2	200
Cu	0	60,7	300
Hg	0	<0,2	1
Ni	0	2,9	40
Pb	0	11,4	59
Tl	2		
Zn	0	19,4	300

Note:[1]unità di misura: microgrammi/litro ad esclusione del Hg la cui concentrazione è espressa in mg/kg
Il valore 0 sta ad indicare una concentrazione inferire al limite di rilevabilità
Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Rifiuti dal trattamento di lavaggio dei suoli (soil washing)

Generalmente i rifiuti prodotti dal processo di washing dei suoli possono essere riutilizzati nell'edilizia (cementifici, impianti per la produzione di asfalto) o come materiali di riempimento dopo essere stati sottoposti ad opportuni controlli di qualità.

Le diverse frazioni che è possibile ottenere possono essere suddivise nel modo seguente:

- frazione grossolana: ghiaia fine 2-20 mm e ghiaia grossolana 20-80 mm
- sabbie: sabbie di dimensioni comprese tra 60 µm e 2 mm
- frazione organica residuale (>60 micrometri) generalmente tale frazione viene smaltita in discarica tal quale o dopo opportuno trattamento se necessario (stabilizzazione/solidificazione) od avviata ad altro trattamento se richiesto (desorbimento termico, incenerimento).

Rifiuti dal processo di escavazione del terreno

Il processo di escavazione può determinare una diminuzione del contenuto di umidità dell'ordine del 35-56% e della densità di bulk del 13% circa.

E3.4 - Aspetti ambientali: analisi dei rischi

Una efficace valutazione dei rischi comprende le seguenti fasi:

- l'individuazione delle potenziali fonti di rischio/pericolo
- la valutazione della probabilità di accadimento dell'evento negativo
- la valutazione delle conseguenze dell'evento negativo
- la valutazione del rischio definito operativamente
- la ridiscussione del risultato ottenuto valutando quest'ultimo in relazione alle ipotesi semplificative adottate nei modelli valutativi.

E3.4.1- I fattori di rischio

I potenziali problemi concernenti la salubrità e la sicurezza che ricorrono presso le stazioni di trattamento chimico fisico dei rifiuti solidi includono:

- l'esposizione degli addetti e della popolazione residente nell'area circostante l'impianto:
  - alle polveri (ad esempio, cemento, silice od altro) disperse sotto forma di aerosol
  - ad eventuali sostanze chimiche tossiche che si possono generare nel corso del trattamento
  - ai rumori
  - al contatto con le sostanze pericolose contenute nei rifiuti
  - alle emissioni osmogene
- l'impatto ambientale dovuto, in genere, alla movimentazione dei rifiuti in ingresso ed in uscita dall'impianto ed allo stoccaggio dei rifiuti stessi
- le vibrazioni connesse all'utilizzo di compattatori, presse, e di mezzi adibiti alla movimentazione dei materiali
- rischi di infiltrazioni nella falda acquifera
- rischi di inquinamento del suolo e dell'aria
- rischi di incidenti connessi all'utilizzo di macchine ed apparecchiature.

Tutti i possibili impatti devono essere opportunamente valutati in fase di progettazione e realizzazione dell'impianto e devono essere limitati ricorrendo ad un'appropriata scelta delle strutture, degli spazi e delle procedure operative, nonché attraverso un'adeguata formazione del personale.

E3.4.2 - Misure di prevenzione e protezione

Il controllo delle possibili emissioni di polveri e di aerosol deve essere pianificato già a livello di progettazione delle strutture impiantistiche e di organizzazione delle operazioni gestionali. Queste misure consentono di ridurre i rischi a carico del personale addetto agli impianti e possono riassumersi nei seguenti punti:

1. garantire l'umidificazione dei materiali polverulenti stoccati in ingresso ed in uscita dal processo di trattamento
2. prima di effettuare qualsiasi movimentazione dei rifiuti, sia in ingresso che in uscita, bisognerà predisporre un controllo di qualità degli stessi, nel rispetto anche delle procedure ADR per il trasporto dei rifiuti al di fuori dell'impianto.
3. dotare di adeguata pavimentazione le superfici di lavoro e di viabilità interna dell'impianto
4. proteggere i lavoratori con accorgimenti che privilegino misure di protezione e prevenzione di tipo collettivo piuttosto che quelle di tipo individuale (DPI), dall'esposizione alle polveri in coincidenza delle operazioni maggiormente causa di rischio di esposizione, usando, ove possibile, macchine operatrici a cabina chiusa e climatizzata.

In aggiunta ai suddetti accorgimenti, gli addetti all'impianto dovrebbero essere ben informati circa i potenziali rischi dovuti alla manipolazione dei rifiuti.

E 3.4.3 - L'inquinamento acustico

Per l'attenuazione dei livelli sonori nelle zone di lavoro e conseguentemente, nell'area esterna all'impianto possono essere, inoltre, adottati una serie di accorgimenti quali:

- utilizzo di apparecchiature silenziose
- applicazione di rivestimenti e carenature
- posizionamento dei macchinari su supporti antivibranti e/o lubrificati
- utilizzo di griglie fonoassorbenti per prese d'aria esterne (motori)
- completa chiusura degli edifici
- l'impiego di portoni ad apertura/chiusura rapida.

F - Approfondimento, ove necessario, delle tecniche analizzate nel BRef comunitario e definizione, ove possibile, del range di prestazione delle diverse tecniche.

In questo capitolo verranno presentate alcune delle tecniche di uso invalso nel settore preso in considerazione in queste linee guida.
I processi che hanno avuto un discreto sviluppo su scala industriale sono quasi esclusivamente basati sull'impiego di cemento/silicati e di calce e possono essere classificati in:
- *trattamenti di cementazione a base neutra (basica)*
- *trattamenti di cementazione a base acida*
- *trattamenti a base di calce.*

F.1 - Trattamenti di cementificazione a base neutra

F 1.1 Processo CHEMIFIX

Il processo, che utilizza cemento e silicati liquidi ha avuto diffusione soprattutto negli USA.
Il trattamento è costituito dalle seguenti fasi:

1. Raccolta fanghi pompabili e stoccaggio rifiuti palabili. In sede di ricevimento, dopo i controlli di qualità, i fanghi pompabili vengono inviati alle vasche di raccolta dove subiscono un pretrattamento di grigliatura mentre i rifiuti palabili vengono inviati in un'opportuna zona di stoccaggio
2. Accumulo ed omogeneizzazione. Tale fase riguarda i soli rifiuti pompabili ed ha lo scopo di garantire una certa costanza di qualità nell'alimentazione del reattore. La vasca, munita di carroponte dotato di agitatori, svolge anche una funzione di polmone durante le fermate dell'impianto
3. Stabilizzazione/solidificazione. Dalla fase di omogeneizzazione i rifiuti liquidi vengono inviati al reattore (costituito da un cilindro rotante) a mezzo pompaggio, mentre i rifiuti palabili vi pervengono tramite una benna mobile sostenuta da un carroponte. Il dosaggio del cemento avviene a monte del reattore mentre il dosaggio dei silicati liquidi avviene a valle prima del pompaggio alla solidificazione. La quantità di reagenti impiegata rappresenta globalmente circa il 30% in peso del rifiuto da trattare (20– 25% di cemento e 5–7%di silicati liquidi). Prima dell'invio alla solidificazione, la miscela viene sottoposta ad un trattamento di raffinazione con eliminazione del materiale grossolano e del ferro separato mediante un nastro magnetico
4. Maturazione. Il rifiuto ancora allo stato liquido viene pompato alle vasche di consolidamento dove permane per 30 giorni circa dopodiché viene inviato alla discarica controllata. Le reazioni che avvengono in questa sezione sono molto complesse e si possono distinguere in tre fasi. Nella prima, molto rapida, avviene la reazione tra i silicati solubili e gli ioni dei metalli polivalenti che dà origine a silicati insolubili. Nella seconda reagiscono tra di loro i silicati solubili e l'agente che provoca la presa. Si produce così un materiale gelatinoso che impedisce ai solidi presenti di decantare. La terza reazione avviene tra gli additivi aggiunti ai silicati e i rifiuti, dando origine a fenomeni di idrolisi, idratazione e neutralizzazione.

Il processo e applicato su rifiuti solidi, liquidi e fangosi di natura essenzialmente inorganica.
Le prove di lisciviazione, effettuate allo scopo di valutare la cessione dei principali inquinanti (essenzialmente metalli) hanno condotto ai risultati analitici riportati nella tabella che segue.

Tabella 19 - Caratteristiche di eluati da prove di lisciviazione condotte su di un fango inertizzato col processo CHEMFIX

Costituenti	Fango grezzo Analisi (p.p.m)	Acqua distillata	H2SO4 pH= 1,0.	HCl pH= 1,0	HNO3 pH= 3,0	Acido Acetico; pH=3,0
Cromo	103	<0.10				
Rame	121					
Ferro	10.800					
Manganese	122					
Nickel	212					
Zinco	2.200					
Fenolo	1, 0					

Relativamente alla stabilità del rifiuto inertizzato in condizioni ambientali reali, sono state raffrontate le caratteristiche dell'eluato subito dopo il trattamento e dopo 20 mesi di esposizione del campione agli agenti atmosferici, senza rilevare variazioni nelle concentrazioni dei principali metalli.

Agli effetti del rilascio è da rilevare che, mentre gli idrossidi dei metalli pesanti sono poco solubili in un intervallo di pH piuttosto limitato, i silicati presentano una bassa solubilità nell'intervallo di pH che va da 2 a 9. Il materiale è tipo terriccio ed è adatto a riempire cave, ricoprire e formare strati intermedi di discariche vista la proprietà di ridurre la quantità degli inquinanti nei percolati. Tale riduzione si ottiene mediante neutralizzazione, scambio ionico, filtrazione ed adsorbimento.

F 1.2 Processo LITOSINTESI

Prevede l'impiego di cemento e silicati liquidi (in soluzione al 33%) che vengono aggiunti in sequenza (nella fase di reazione) all'impasto da inertizzare.

Il trattamento è costituito dalle seguenti fasi:

a) conferimento rifiuti - Questa fase è realizzata su due linee distinte (rifiuto palabile e pompabile) e in essa avvengono i controlli di qualità (analisi del contenuto di cromo, cianuri, ecc,)
b) Deferrizzazione - In tale fase avviene la raffinazione del fango mediante asportazione dei materiali ferrosi con sistemi magnetici
c) Frantumazione e pulizia finale - Il fango viene compresso e spappolato tra due cilindri mentre i corpi non frantumabili vengono raccolti in un cassonetto
d) Preparazione dell'impasto da inertizzare - Il fango palabile viene miscelato con il fango pompabile: si ottiene un impasto omogeneo dell'umidità voluta. Prima di essere espulso dal mescolatore l'impasto viene grigliato (fori ϕ 20 mm) per migliorare l'effetto di mescola e per eliminare eventuali corpi estranei
e) Stoccaggio impasto da inertìzzare - Il fango in forma pastosa viene inviato in silos di stoccaggio
f) Raffinazione dell'impasto - Il fango viene ulteriormente raffinato facendolo passare attraverso un laminatoio a cilindri con distanza di, passaggio pari ad 1 mm
g) Inertizzazione - L'inertizzazione dell'impasto avviene in un reattore orizzontale di volume pari a 850 litri, in grado di trattare una portata di 15 mc/h. Il dosaggio del cemento avviene in linea con l'impasto, mentre il silicato liquido viene dosato all'uscita. La quantità di reagenti impiegata rappresenta globalmente circa il 23% in peso del rifiuto da trattare (20% il cemento e 3% il silicato liquido).

Il fango inertizzato. dopo una ultima estrusione attraverso una griglia forata, viene avviato all'accumulo provvisorio in cassoni prima del trasporto in discarica.
Un impianto di lavaggio dell'aria aspirata dalle apparecchiature nelle varie fasi elimina la possibilità di diffusione nell'ambiente di sostanze maleodoranti.

Il processo di litosintesi è applicato essenzialmente su rifiuti solidi, liquidi o fangosi ad elevato contenuto inorganico. Analisi dell'eluato, per valutare la cessione dei principali parametri (essenzialmente metalli) hanno dato l'esito di cui alla tabella che segue.

Tabella 20 - Caratteristiche analitiche di eluati da prove di lisciviazione condotte su un fango inorganico tal quale (tq) ed inertizzato (i) con processo Litosintesi (valori espressi in mg/l)

Fango da Industria	COD		Pb		Cu		Zn		Ni		Cr		Cd	
	Tq	i	Tq	i	Tq	i	tq	i	tq	i	tq	i	tq	i
Meccanica	115 0	120	3,8	<0,1	4,1	<0,1	540	<0,1	72	<0,1	127	0,3	0,3	0,0
Metalmec.	670	85	32	<0,1	815	<0,1	12	<0,1	20	<0,1	2,7	<0,1	0,01	0,0
Vetraria	125	35	1,2	<0,1	30	<0,1	130	<0,1	3,7	<0,1	290	<0,1	0,8	0,0

F 1.3 Processo SEALOSAFE-STABLEX
Utilizza, in aggiunta al tradizionale cemento Portland, dei reagenti di supporto costituiti essenzialmente da silicati complessi di alluminio e ferro.
Il processo ha trovato una certa diffusione soprattutto in Inghilterra.
Il trattamento comprende le seguenti fasi:

a) stoccaggio - E' distinto per i rifiuti solidi, che vengono raccolti in fosse coperte, e per i rifiuti liquidi, che vengono stoccati in cisterne e suddivisi a seconda della loro natura (acidi, alcalini, con contenuto organico, età)
b) Preparazione - Dalle cisterne i rifiuti liquidi vengono pompati in altri serbatoi nei quali vengono omogeneizzati (tramite un miscelatore) e pesati. A questa miscela si aggiungono i rifiuti solidi preventivamente frantumati.
c) Inertizzazione La miscela così ottenuta viene pompata in un. silos di stoccaggio e successivamente dosata nel reattore di inertizzazione insieme coi reagenti.

Il rapporto tra cemento e silico alluminato è estremamente variabile in funzione del tipo di rifiuto.
Dal reattore i rifiuti trattati vengono convogliati in una tramoggia e successivamente pompati allo scarico. I risultati di alcune prove di lisciviazione, effettuate su rifiuti di natura inorganica trattati con processo Stablex, sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 21 - Caratteristiche analitiche dell'eluato ottenuto da prove dì lisciviazione su rifiuto inertizzato col processo STA-BLEX (dati in mg/l)

Inquinante	Rifiuto grezzo	Rifiuto inertizzato	
		dopo 1 giorno	dopo 28 giorni
Alluminio	848	2, 2	0,5
Arsenico	0,8	<0,005	0,02
Cromo	136	0,07	0,002
Ferro	565	0,005	0,01
Piombo	79	0,1	0,006
Manganese	113	0,01	0,01
Zinco	10.735	<0,005	0,2
Cianuri	129	0,03	>0,03

Inquinante	Rifiuto grezzo	Rifiuto inertizzato	
		dopo 1 giorno	dopo 28 giorni
TOC	163.700	78	4,6
COD	313.000	806	48
Ceneri	252.700	—	—

F 1.4 Processo PETRACEM

Il processo è stato messo a punto recentemente ed ha operato per lo più a livello sperimentale, con l'obiettivo congiunto di innocuizzare il rifiuto e di reimpiegare il prodotto ottenuto come conglomerato. Quest'ultimo aspetto distingue nettamente questo processo dai precedenti.

La innocuità del prodotto è stata valutata sulla base del comportamento alla lisciviazione; l'idoneità al riutilizzo come un normale conglomerato cementizio è stata verificata mediante misure di parametri fisici e meccanici.

Il trattamento prevede l'aggiunta di elevate quantità di cemento al fango. Il reattore di inertizzazione è costituito da un mescolatore in grado di garantire una buona omogeneizzazione malgrado l'elevata viscosità della miscela.

I risultati delle prove effettuate su vari tipi di fanghi inorganici (ricchi in cromo, zinco, piombo, ecc.), hanno consentito di verificare:

1. la buona rispondenza al test di eluizione
2. le elevate caratteristiche di resistenza meccanica dei provini inertizzati
3. il buon esito delle prove di gelività
4. le buone caratteristiche di resistenza all'usura.

F.2 - Trattamenti di cementificazione a base acida

F 2.1 Processo SOLIROC

Brevettato in Belgio, questo processo ha trovato applicazioni anche in Francia ed in Italia.

Tale impianto è costituito essenzialmente da:

1. zona conferimento rifiuti, in cui avvengono la pesatura e le analisi preliminari per stabilire la destinazione del rifiuto stesso.
2. Stoccaggio rifiuti, distinto in stoccaggio per liquidi e per solidi. Lo stoccaggio per i liquidi (acidi, basi, cianuri e acque di processo) avviene in opportuni serbatoi di vetroresina mentre i solidi vengono stoccati in una vasca protetta ed impermeabilizzata
3. Zona trattamento cianuri, dove avviene l'eliminazione dei cianuri attraverso il dosaggio di soda e ipoclorito, con invio dello scarico decianurato allo stoccaggio
4. Dissoluzione di fanghi tossici, che corrisponde alla prima fase del processo e avviene in una vasca di cemento agitata nella quale vengono dosate soluzioni acide derivanti dallo stoccaggio reflui liquidi
5. Zona di trattamento, costituita da reattori di tipo cilindrico che vengono alimentati in discontinuo dagli scarichi da inertizzare e dai reattivi necessari. Gli scarichi liquidi provengono direttamente dai serbatoi di stoccaggio mentre i solidi vengono prima disciolti in fase acida in recipienti dotati di agitatori. La movimentazione dei reattivi avviene per mezzo di nastro trasportatore e di coclee
6. Trattamento liquidi, ove pervengono i fanghi disciolti unitamente ai liquidi stoccati. In questa fase vengono dosate loppa di altoforno e calce, reattivi necessari alla reazione di polimerizzazione
7. Trattamento fanghi, ove avviene la cementazione mediante miscelatori a coclea che omogeneizzano fanghi, cemento, calce e loppa. Il prodotto finale viene inviato alle lagune e,

successivamente, alla discarica controllata

8. Vasche di consolidamento, in cui viene convogliata la pasta fluida già stabile chimicamente. Nell'arco di 3–4 giorni il prodotto acquista una consistenza tale da consentirne il trasporto in discarica dove dopo un'altra settimana assume elevata resistenza meccanica e permeabilità dell'ordine dei 10^{-7}cm/s.

Le reazioni che avvengono nel corso del processo sono state descritte nella sezione relativa a processi di cementazione a base acida. Le eccellenti qualità di ritenzione del prodotto rispetto agli elementi tossici sono conseguenza del fatto che durante la fase di polimerizzazione l'acido silicico si deprotona e lega alle sue catene gli ioni dei metalli pesanti completamente solubilizzati visto il basso pH di partenza.

F.3 - Trattamenti a base di calce

F 3.1 - Processo PETRIFIX

Il processo è stato brevettato ed applicato da tempo in Francia e recentemente in Italia.

Questo processo tratta i rifiuti tossici con una miscela di silicati di calcio ed un attivatore per ottenere silicati idrati e silico–alluminati di particolare composizione e struttura. I reattivi sono dosati in maniera da ridurre al minimo la porosità ed il fenomeno del ritiro; si fa quindi uso di scoria d'altoforno addittivata a calce.

Il trattamento è costituito dalle seguenti fasi:

1. conferimento rifiuti, realizzato su due linee distinte (palabili e pompabili). I rifiuti liquidi vengono inviati ai serbatoi di ricevimento previa separazione degli inerti, mentre i rifiuti palabili sono accumulati in una vasca interrata, da cui vengono asportati mediante una benna
2. Selezione ed accumulo, riguardante i soli rifiuti liquidi che, dal serbatoio di ricevimento, a seconda della loro natura, vengono inviati ai diversi serbatoi di accumulo (acidi, basici, cromici); i rifiuti cromici, prima di essere avviati alle fasi successive sono sottoposti ad un trattamento di riduzione
3. Neutralizzazione, effettuata sui rifiuti liquidi che, dai serbatoi di accumulo, vengono pompati nel comparto di dosaggio calce (sotto forma di idrossido)
4. Inertizzazione, che avviene miscelando i rifiuti liquidi neutralizzati e i rifiuti palabili con i reattivi di stabilizzazione/solidificazione (calce e scoria d'altoforno)
5. Consolidamento in vasche dove viene pompato l'impasto in uscita dalla fase di inertizzazione per la necessaria solidificazione
6. Frantumazione del prodotto solidificato e stoccaggio in silos prima dello smaltimento in discarica. Durante il processo si verificano quindi reazioni di neutralizzazione, precipitazione (di silicati, arseniati, fosfati, piombati), adsorbimento (di piombo, zirconio, vanadio, molibdeno, selenio, tellurio, uranio, platino), azioni chelanti (nei confronti di cloruri, bromuri, ioduri, nitrati, nitriti, cromati, carbonati), disinfezione.

Nella tabella che segue sono riportati i risultati delle prove di lisciviazione.

Tabella 22 - Risultati di una prova di lisciviazione secondo norme C. E. R. I. L. H, di un fango trattato con processo Petrifix

Contenuti	Fango grezzo (p. p. m)	Petrìftx (p. p. m.)	Rendimenti di immobilizzazione
Cd	0,6	0,002	99,70%
Cr6+	1,2	0,003	99,75%
Cr3+	1,4	0.001	99,99%
Fé	39,4	0,04	99,99%
Mn	0,5	0,01	98,00%
Cu	1,6	0,007	99,50%
Ni	0,7	0,005	99,30%
Pb	1,4	0,02	98,50%
Zn	1,05	0,06	94,30%
Ca	139,2	17,00	87,80%
P	2,0	0,30	85,00%.

A differenza degli altri processi sopra descritti, per i quali l'applicabilità a rifiuti contenenti composti organici è ancora in fase di studio, il processo Petrifix è adatto anche al trattamento di fanghi civili e rifiuti costituiti da sostanze organiche come catrami, aldeidi, chetoni e fenoli.

F 3.2 - Processo CIRIBELLE

Consiste nel miscelare rifiuti palabili e liquidi, preventivamente selezionati, con calce viva (o cemento) e altri additivi trasformandoli in un materiale solido costituito da sfere (diametro 1 - 3 cm) facilmente manipolabili e trasportabili.

Il calore sviluppato dalla reazione (per effetto dello spegnimento della calce viva) è recuperato per scaldare l'aria utilizzata nella fase di essiccamento finale dell'inerte.

Il rifiuto grezzo viene diviso per lo stoccaggio in pompabile e palabile.

I fanghi pompabili vengono stoccati in silos verticali muniti di speciali pompe estrattrici; quelli palabili sono raccolti in vasche piane coperte.

Le fasi del processo sono le seguenti:

a) condizionamento, che viene eseguito su due linee separate (una per i fanghi pompabili e una per i fanghi palabili) e mira ad omogeneizzare il rifiuto e a separare i materiali inerti eventualmente contenuti in esso. In uscita da tale fase i fanghi pompabili costituiscono una soluzione densa ed omogenea, mentre i fanghi palabili si presentano sotto forma di blocchetti avviabili direttamente allo stadio successivo.

b) Miscelazione dei fanghi con calce (o cemento) ed altri additivi (essenzialmente ceneri volanti da centrali termoelettriche) in miscelatori a coclea: all'uscita, il materiale viene estruso attraverso griglie forate ad una temperatura di -100°C. Il dosaggio di reattivo varia, orientativamente, dal 20% al 40% in peso rispetto al rifiuto da trattare.

c) Produzione di palline solide (Ciribelle) in un cilindro rotante. Il materiale rimane nel forno per circa 30 minuti dopodiché le Ciribelle umide vengono inviate ad un essiccatoio. All'uscita dall'essiccatoio le Ciribelle, pressoché prive di umidità, vengono smaltite direttamente o inviate allo stoccaggio.

L'impianto del processo Ciribelle è composto da due linee in ingresso:

1. la prima riguardante i fanghi liquidi che arrivano ad un silos di stoccaggio da dove vengono inviati a gruppi dosatori e, quindi, al condizionatore dove il semiprodotto subisce una pulitura e una omogeneizzazione.
2. La seconda riguardante i fanghi palabili che vanno ai comparti di stoccaggio da dove

vengono inviati ai gruppi dosatori ed al condizionatore.

A questo punto le due linee convergono verso due sezioni:

1. raccolta e vaglio dei materiali assimilabili ai rifiuti urbani che vanno verso trattamenti dedicati;
2. miscelazione fine seguita da una fase di dosaggio degli additivi polverulenti (CaO, Portland, ceneri ecc.) e dal trattamento in forno; a questo punto i prodotti passano all'essiccatoio e poi allo stoccaggio delle Ciribelle.

Oltre allo smaltimento in discarica controllata, le Ciribelle, a seconda della tipologia di fango trattato, subiscono altre destinazioni la più importante delle quali è il riutilizzo come additivo per la produzione di cemento. Tale impiego è stato oggetto di sperimentazione partendo da fanghi industriali poveri di materiale organico, ricchi di idrossidi di alluminio e ferro e contenenti metalli pesanti derivanti da attività galvaniche, meccaniche, metallurgiche ecc.

Attraverso una opportuna selezione dei fanghi grezzi, che non devono contenere elementi dannosi per l'impiego in cementificio, e l'azione dei leganti si ottiene un materiale la cui composizione si avvicina a quella delle farine crude da clinker in misura sufficiente a consentire la miscelazione con le farine stesse. La percentuale di fanghi utilizzati è solitamente intorno al 5%.

Sul prodotto innocuizzato da avviare al cementificio sono stati eseguiti saggi di eluizione i cui risultati analitici sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 23- tipiche analisi di una miscela di fanghi industriali (H_2O= 67%) e dell'eluato dopo inertizzazione - processo Ciribelle

Parametro	Fango tal quale		Eluato sul (*) fango inertizzato	
PH		8,15		9,75
Oli e grassi animali e vegetali	g/kg	13,3	mg/l	5
Oli minerali	g/kg	7,3	mg/1	<4
M. B. A.S.	mg/kg	73,7	mg/1	1,15
Calcio	%	13,3	mg/1	975
Ferro	%	21,5	mg/1	0,09
Alluminio	%	0,42	mg/1	<0,40
Zinco	%	0,22	mg/1	0,17
Rame:	%	0, 37	mg/1	0,09
Boro	mg/kg	20,3	mg/1	0,12
Arsenico	mg/kg	53,2	mg/1	<0,003
Cadmio	mg/kg	123	mg/1	<0,001
Cromo	mg/kg	334	mg/1	<0,05
Mercurio	mg/kg	0,01	mg/1	<0,003
Nichel	mg/kg	184	mg/1	0,09
Piómbo	mg/kg	294	mg/1	0, 12
Fosforo	mg/kg	15,8	mg/l	0,1

(*) Eluizione effetuata con la metodica prevista nella, normativa della Regione Lombardia e pertanto non direttamente confrontabile con i valori ottenuti con metodiche diverse.

Allo scopo, poi, di verificare l'entità delle emissioni di metalli, sono stati effettuati prelievi al camino; i risultati dell'analisi relative sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 24 - Tipiche emissioni di alcuni metalli pesanti al camino (alimentazione al forno senza e con il 5% dì fanghi inertizzati col processo CIRIBELLE)

Parametro	Alimentazione			
	normale		con fanghi inertizzati	
Co mg/Nm^3	0, 049	0, 051	0, 065	0, 066
Cu, mg/Nm^3	0, 006	0, 007	0, 004	0, 005
Ni, mg/Nm^3	0, 019	0, 005	0, 005	0, 004
Pb, mg/Nm^3	0, 765	0, 738	0, 232	0, 245
V, mg/Nm^3	0, 020	0, 020	0. 010	0, 010

Sono state infine condotte prove di verifica delle proprietà fisico-meccaniche del clinker ottenuto con fanghi inertizzati: i risultati sperimentali non hanno, in definitiva, evidenziato alcun peggioramento di tali caratteristiche. Fattori limitanti potrebbero, invece, essere rappresentati da eventuali variazioni significative nelle emissioni di polveri al camino e dalla presenza di cloruri, solfati e alcali (che, come noto, possono dare inconvenienti quali corrosione, surriscaldamenti locali, ecc.).

G - IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DI TALI TECNICHE

Esistono diverse tecnologie attualmente poco utilizzate o ancora allo studio da parte di esperti che potrebbero rappresentare una interessante alternativa a processi di più diffuso utilizzo.
Tra le numerose tecniche che si possono trovare in applicazioni industriali o di ricerca, le più interessanti sono le seguenti:

1. autocementazione
2. innocuizzazione delle ceneri volanti e dell'amianto con processi ad arco elettrico o plasma
3. produzione di materiali ceramici sintetici
4. utilizzo di ceneri vetrificate
5. inglobamento in matrici di rivestimento

G1 - Autocementazione

Si parla di autocementazione quando la cementazione che si va a realizzare tra i materiali che sono a contatto avviene a causa del solo riscaldamento e senza l'intervento di sostanze leganti.
Tale tecnica ben si presta al trattamento di alcuni rifiuti industriali, quali ad esempio i fanghi da depurazione o desolforazione dei fumi, che contengono grandi quantità di solfato di calcio e di solfito di calcio.
Una certa frazione di rifiuto (8 10 % in peso) viene calcinata in condizioni attentamente controllate, per produrre un solfato o solfito di calcio cementizio. Questo rifiuto calcinato viene poi reintrodotto nel rifiuto fangoso con l'aggiunta di altri additivi (le ceneri volanti vengono spesso aggiunte per correggere il contenuto di umidità). Il prodotto finale è duro, simile alla plastica, facilmente manipolabile e con bassa permeabilità. In tabella 25 sono riassunti i problemi di compatibilità determinati dalla presenza, nel rifiuto, di diverse tipologie di sostanze.

Tabella 25 – Compatibilità del rifiuto con il processo di Autocementazione

Tipo di rifiuto	componenti del rifiuto	compatibilità con il processo di autocementazione
Organici	Solventi ed oli	Pericolo di incendio durante il riscaldamento
	Solidi (resine, plastiche, ecc.)	
Inorganici	Acidi	Possono essere neutralizzati per formare solfati
	Ossidanti	Compatibili se sono presenti solfati
	Solfati	Compatibili
	Alogeni	Compatibili se sono presenti anche solfati
	Metalli pesanti	Compatibili se sono presenti solfati
	Materiali radioattivi	

G2 - Processo con produzione di minerali o materiali ceramici sintetici

Il processo presenta notevoli analogie con quello della vetrificazione. Consiste infatti nel miscelare il rifiuto con silice per formare, dopo fusione, un minerale silicato sintetico (costituito da silicati aggregati in strutture cristalline). Anche in questo caso l'applicazione è conveniente solo per il trattamento di rifiuti particolarmente pericolosi. Il prodotto che si ottiene è solido compatto, sicuro dal punto di vista del rilascio di sostanze inquinanti. Dato il costo, il processo viene raramente impiegato nel caso di rifiuti industriali. La compatibilità del processo con le sostanze presenti nel rifiuto è sinteticamente riportata in tabella 26.

Tabella 26 – Compatibilità del rifiuto con il processo di produzione di minerali o materiali ceramici sintetici

Tipo di rifiuto	Componenti del rifiuto	Compatibilità con il processo di produzione di minerali o materiali ceramici sintetici
Organici	Solventi ed oli	I rifiuti si decompongono ad alte temperature
	Solidi (resine, plastiche, ecc.)	
Inorganici	Acidi	Possono essere neutralizzati ed incorporati
	Ossidanti	Le alte temperature possono causare reazioni indesiderate
	Solfati	Compatibili in molti casi
	Alogeni	
	Metalli pesanti	
	Materiali radioattivi	Compatibili

G3 Processo a base di ceneri vetrificate

Consiste nella fusione delle ceneri in forno a microonde e nell'utilizzo del prodotto fuso come elemento stabilizzante di alcuni rifiuti tossici. L'applicazione del trattamento risulta problematica non solo per gli elevati costi ma anche per la necessità di prevedere una linea di trattamento dei fumi generati dal forno di fusione. Tale processo è stato utilizzato perlopiù in fase sperimentale, ha come obbiettivo il trattamento combinato di due specifiche tipologie di inquinanti: le ceneri prodotte dagli impianti di termodistruzione e i rifiuti tossici.

G4 Processo di inglobamento in una matrice di rivestimento

Questi processi consistono nel deporre il rifiuto in un primo involucro (generalmente metallico) da rivestire poi con una matrice a tenuta stagna (e per determinati rifiuti anche sottovuoto) in cemento armato (o altro materiale). In tal modo le sostanze inquinanti vengono fisicamente inglobate in una matrice con notevoli caratteristiche di inerzia agli agenti chimici e proprietà fisico - meccaniche tali da rendere il prodotto riutilizzabile per esempio come materiale pesante da costruzione.

G5 Sistema al plasma

Il plasma è un fluido altamente conduttivo, ionizzato elettricamente ma globalmente neutro che possiede, in parte, caratteristiche proprie di un gas ed, in parte, quelle di un liquido. Può essere generato in vari modi ed in un ampio intervallo di pressioni e livelli di energia: una diffusa modalità di generazione è quella di utilizzare, a pressione quasi atmosferica, un riscaldatore elettrico comunemente definito torcia ad arco plasma, che consente di applicare un arco elettrico (prodotto tra due elettrodi) ad un flusso di gas che viene in tal modo ionizzato.

Il vantaggio che offre questa tecnologia è quello di consentire l'atomizzazione di qualunque inquinante e di aver luogo in ambiente riducente che non favorisce la formazione di sostanze pericolose quali ad esempio le diossine; essa, tuttavia, necessita di linee trattamento fumi molto sofisticate e costose per evitare che in determinati campi di temperature vengano a formarsi (o a riformarsi) composti pericolosi.

Le applicazioni sono molteplici anche se il trattamento risulta comunque destinato allo smaltimento di rifiuti particolarmente pericolosi (rifiuti solidi altamente clorurati, amianto, ecc.) visti gli alti costi.

Il principio di funzionamento è semplice: il plasma trasferisce la sua energia alla carica, le sostanze contaminanti vengono dissociate in atomi, ionizzate, pirolizzate e, pertanto, distrutte. Nel caso di terreni contaminati il calore generato dal plasma causa la fusione delle particelle di terreno, che vengono ad intermittenza scaricate, e raffreddate ad aria o acqua; la conseguente solidificazione dà luogo ad un materiale vetrificato altamente stabile, nel quale restano imprigionati ed efficacemente immobilizzati i contaminanti inorganici (ad esempio, metalli pesanti).

I gas esausti pervengono generalmente ad una camera di post-combustione dove sono mantenute in presenza di un eccesso di ossigeno per un periodo di tempo sufficiente ad assicurare una completa

conversione dei composti organici in anidride carbonica e vapor d'acqua. In uscita dalla camera di post - combustione, tali gas vengono, infine, depurati ricorrendo a tecnologie tipiche di abbattimento (vedi utilizzo di calce ecc.).
L'APAT ha indetto una gara europea per la sperimentazione su scala pilota di questa tipologia di trattamento al fine di verificarne l'efficacia su alcune tipologie di rifiuti pericolosi quali le ceneri leggere da incenerimento di rifiuti.

H - Definizione della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

L'adozione delle BAT ha come scopo principale quello di fornire alle autorità preposte il riferimento su cui valutare compiutamente le richieste di autorizzazione integrata in campo ambientale in ambito IPPC. Al tempo stesso esse possono risultare di aiuto anche agli operatori essendo sottinteso che di esse occorre tenere conto, ove applicabili, in sede di predisposizione della richiesta di autorizzazione.
Le varie tematiche di interesse sono state sviluppate, per quanto possibile analizzando le tecniche secondo la sequenza di trattamenti che caratterizzano un impianto di trattamento chimico – fisico dei rifiuti solidi.

Nei capitoli D e F delle presenti Linee Guida sono stati descritti i principali trattamenti chimico – fisici dei rifiuti solidi, mentre nel capitolo E sono state descritte le migliori tecniche ad oggi individuate dal Bref comunitario.

Nel presente capitolo si espongono le migliori tecniche e tecnologie comuni a tutte le tipologie di impianto di trattamento chimico - fisico dei rifiuti solidi in Italia per ogni fase di processo (ivi inclusi pre e post- trattamenti), fermo restando quanto individuato nel capitolo E, relativo alle conclusioni del Bref.

Nella tabella che segue vengono sinteticamente illustrate le BAT valide per tutte le tipologie di impianti trattate.

Tabella 27 - Individuazione delle BAT

Conferimento e stoccaggio dei rifiuti all'impianto
1. Caratterizzazione preliminare del rifiuto. Acquisizione della seguente documentazione da parte del gestore: • analisi chimica del rifiuto; • scheda descrittiva del rifiuto: – generalità del produttore, – processo produttivo di provenienza, – caratteristiche chimico–fisiche, – classificazione del rifiuto e codice CER, – modalità di conferimento e trasporto. Se ritenuto necessario, saranno richiesti uno o più dei seguenti accertamenti ulteriori: • visita diretta del gestore allo stabilimento di produzione del rifiuto; • prelievo di campioni del rifiuto; • acquisizione delle schede di sicurezza delle materie prime e dei prodotti finiti del processo produttivo di provenienza **2. Procedure di conferimento del rifiuto all'impianto.** Presentazione della seguente documentazione: • domanda di conferimento su modello standard predisposto dal gestore; • scheda descrittiva del rifiuto su modello standard predisposto dal gestore; • analisi completa del rifiuto; • schede di sicurezza delle sostanze pericolose potenzialmente contenute nel rifiuto. Per più carichi dello stesso rifiuto e dello stesso produttore, resta valida la documentazione presentata la prima volta, documentazione da richiamare nel documento di trasporto di ogni singolo carico. Dovranno essere effettuate verifiche periodiche. La tipologia di trattamento dovrà essere individuata sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche del rifiuto **3.Modalità di accettazione del rifiuto all'impianto.** • Programmazione delle modalità di conferimento dei carichi all'impianto. • Pesatura del rifiuto e controllo dell'eventuale radioattività • Annotazione del peso lordo da parte dell'ufficio accettazione. • Attribuzione del numero progressivo al carico e della piazzola di stoccaggio. **4. Accertamento analitico prima dello scarico.**

- Accertamento visivo da parte del tecnico responsabile.
- Prelievo di un campione del carico (o della partita omogenea) da parte del tecnico responsabile.
- Analisi del campione da parte del laboratorio chimico dell'impianto.
- Operazioni di scarico con verifica del personale addetto (ovvero restituzione del carico al mittente qualora le caratteristiche dei rifiuti non risultino accettabili).
- Registrazione e archiviazione dei risultati analitici.

5. Congedo automezzo.

- Bonifica automezzo con lavaggio ruote.
- Sistemazione dell'automezzo sulla pesa.
- Annotazione della tara da parte dell'ufficio accettazione.
- Congedo dell'automezzo.
- Registrazione del carico sul registro di carico e scarico.

Occorre inoltre prevedere:

- Stoccaggio dei rifiuti differenziato a seconda della categoria e delle caratteristiche chimico-fisiche e di pericolosità di rifiuto. I rifiuti in ingresso devononono essere stoccati in aree distinte da quelle destinate ai rifiuti già sottoposti a trattamento
- Le strutture di stoccaggio devono avere capacità adeguata sia per i rifiuti da trattare sia per i rifiuti trattati
- Mantenimento di condizioni ottimali dell'area di impianto
- Adeguati isolamento, protezione e drenaggio dei rifiuti stoccati
- Minimizzazione della durata dello stoccaggio
- Mantenimento del settore di stoccaggio dei reagenti distinto dal settore di stoccaggio dei rifiuti
- Aspirazione delle arie esauste dalle aree di stoccaggio
- Installazione di adeguati sistemi di sicurezza ed antincendio
- Minimizzazione dell'emissione di polveri durante le fasi di movimentazione

Pretrattamenti

- Definizione delle modalità operative di pretrattamento e di miscelazione di rifiuti compatibili.
- Test di laboratorio per definire i dosaggi di reagenti.
- Garantire il miglioramento delle caratteristiche qualitative e granulometriche dei rifiuti da inviare al trattamento chimico - fisico mediante trattamenti complementari quali: vagliatura per la separazione dei corpi estranei che possono danneggiare le apparecchiature; ispessimento o disidratazione meccanica onde ottenere lo stato fisico più idoneo all'attuazione del processo; macinazione dei materiali grossolani che non presentano granulometria compatibile con il sistema di trattamento; umidificazione dei rifiuti conferiti allo stato solido polveroso; trattamento di decianurazione per i rifiuti che possono dar luogo a emissioni di HCN; reazioni di riduzione dei composti solubili come i cromati.
- Prevedere una pre-omogeneizzazione dei rifiuti da trattare, se compatibili per il trattamento.
- Possono essere utilizzati anche processi chimici quali ad esempio neutralizzazione, ossidazione, riduzione.

Modalità operative del Trattamento chimico fisico adottato

- Predisposizione del "foglio di lavoro", firmato dal tecnico responsabile dell'impianto, su cui devono essere riportate almeno le seguenti informazioni:
  - numero del carico (o di più carichi);
  - numero della/e piazzola/e di deposito preliminare;
  - numero dell'analisi interna di riferimento;
  - dosaggi dei vari reagenti;
  - tempi di miscelazione e quantitativi di reagenti utilizzati
- Consegna del "foglio di lavoro" in copia agli operatori dell'impianto.
- Avvio del processo di trattamento chimico – fisico più adatto alla tipologia di rifiuti trattati a seguito dell'individuazione delle BAT:
  - esecuzione e controllo delle operazioni da una cabina di comando chiusa;
  - impianto di aspirazione in funzione;
- Prelievo di campioni del materiale trattato.
- Consegna ed archiviazione del "foglio di lavoro", con eventuali osservazioni, in originale nella cartella del cliente.

Inoltre occorre garantire:

- Risparmio delle risorse ambientali ed energetiche
- Le strutture degli impianti e le relative attrezzature di servizio devono essere realizzate in materiali idonei rispetto alle caratteristiche dei rifiuti da trattare e da stoccare

- Tutte le apparecchiature di trattamento devono essere previste all'interno di strutture chiuse (o almeno coperte) pavimentate e dotate di sistemi di captazione e drenaggio delle acque
- Si devono prevedere strumentazioni automatiche di controllo dei processi per mantenere i principali parametri funzionali entro i limiti prefissati.

Post-trattamenti

- Stoccaggio del rifiuto trattato per eventuale completamento della stabilizzazione e solidificazione e relative verifiche analitiche
- adeguata gestione dei residui ed eventuali altri scarti di processo
- Caratterizzazione e adeguato smaltimento dei rifiuti non recuperabili
- controlli sulla lisciviazione dei rifiuti trattati in caso di conferimento in discarica degli stessi

Raccolta e conservazione dei dati sui rifiuti in uscita

a Dati raccolti:

- data del trattamento;
- data dell'analisi;
- numero progressivo dell'analisi;
- caratteristiche dell'eluato;
- verifica analitica periodica del rifiuto;
- data di conferimento alle successive operazioni di recupero o smaltimento;
- firma del tecnico responsabile del laboratorio;
- firma del tecnico responsabile dell'impianto.

b Raccolta dei certificati d'analisi:

- firmati in originale dal tecnico responsabile del laboratorio;
- ordinati in base al numero progressivo dell'analisi.

c Tenuta delle cartelle di ogni cliente contenenti, in copia o in originale, tutta la documentazione

Trattamento dell'aria in uscita dall'impianto

- Adeguata individuazione del sistema di trattamento
- Valutazione dei consumi energetici
- Ottimizzazione della configurazione e delle sequenze di trattamento
- Rimozione delle polveri

Trattamento delle acque di scarico

- Impiego di sistemi di trattamento a minor produzione di effluenti
- Massimizzazione del ricircolo delle acque reflue
- Raccolta separata delle acque meteoriche pulite
- Adeguati sistemi di stoccaggio ed equalizzazione
- Impiego di sistemi di trattamento chimico-fisico e/o biologico delle acque reflue

Rumore

- Sistemi di scarico e pretrattamento al chiuso
- Impiego di materiali fonoassorbenti
- Impiego di sistemi di coibentazione
- Impiego di silenziatori su valvole di sicurezza, aspirazioni e scarichi di correnti gassose

Strumenti di gestione ambientale

- Sistemi di gestione ambientale (EMS)
- Certificazioni EN ISO 14001
- EMAS

Comunicazione e consapevolezza dell'opinione pubblica

- Comunicazioni periodiche a mezzo stampa locale e distribuzione di materiale informativo
- Organizzazione di eventi di informazione/discussione con autorità e cittadini
- Apertura degli impianti al pubblico
- Disponibilità dei dati di monitoraggio in continuo all'ingresso impianto e/o su Internet

H.1 - Migliori tecniche e tecnologie comuni a tutte le tipologie di impianto

Il processo di trattamento chimico-fisico evolve in genere attraverso le seguenti fasi:

- caratterizzazione del rifiuto ed accettazione
- stoccaggio dei rifiuti grezzi
- trattamenti preliminari
- trattamento chimico - fisico

- trattamenti di rifinitura
- stoccaggio finale.

H 1.1 - Configurazione base di un impianto

Tutti gli impianti di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi devono essere dotati di:

- una zona di conferimento ed eventuale stoccaggio temporaneo dei rifiuti in ingresso
- una area di pre-trattamento dei rifiuti
- un'area di processo
- un'area destinata ad eventuali post- trattamenti
- una zona di stoccaggio del rifiuto trattato e di carico sui mezzi in uscita.

Occorre inoltre prevedere:

- aree per la viabilità
- strutture di servizio e per la sicurezza dell'impianto
- impianto di raccolta delle acque meteoriche, adeguatamente dimensionato e vasca di raccolta delle acque di prima pioggia
- deposito per le sostanze da usare per l'assorbimento dei liquidi in caso di sversamenti accidentali
- adeguato impianto di raccolta delle acque reflue
- idonea recinzione e protezione ambientale con siepi, alberature o schermi mobili lungo tutto il perimetro dell'impianto al fine di minimizzare l'impatto visivo e la rumorosità verso l'esterno dello stesso.

H 1.2 Ricevimento e Stoccaggio

Prima dell'accettazione dei rifiuti presso l'impianto di trattamento, il gestore deve acquisire tutte le informazioni necessarie per l'individuazione e caratterizzazione del rifiuto anche attraverso visite dirette presso lo stabilimento di produzione del rifiuto con prelievi di campione e acquisizione delle schede di sicurezza delle materie prime e dei prodotti finiti del processo produttivi di provenienza. Il gestore deve, inoltre, condurre la caratterizzazione dei rifiuti conferiti per accertarne la compatibilità con il processo. Il rifiuto deve, infatti, risultare compatibile con:

- le caratteristiche dell'impianto e la tipologia di processo
- gli altri rifiuti già in fase di conferimento (non si devono avere fenomeni di incompatibilità chimica e/o fisica tra rifiuti, emissioni di gas o effetti termici acuti)
- la composizione finale della miscela inertizzata.

Accanto alla caratterizzazione iniziale, con frequenza proporzionale al numero di carichi conferiti, devono essere effettuate verifiche di conformità del rifiuto, mediante analisi dei parametri che in fase di caratterizzazione sono risultati più critici.

Una descrizione sintetica delle procedure da seguire nella fase di conferimento e stoccaggio è riportata in tabella 27.

Il personale addetto alla sorveglianza ed alla gestione dell'impianto deve effettuare per ogni carico conferito una verifica visiva in loco mediante confronto con campioni prelevati in precedenza.

Il settore di accettazione dei rifiuti deve essere distinto da quello di stoccaggio dei rifiuti.

Devono essere previste aree di conferimento distinte in funzione della tipologia di rifiuti e delle diverse modalità di stoccaggio degli stessi.

La superficie del settore di accettazione deve avere dimensioni tali da consentire un'agevole movimentazione dei mezzi e delle attrezzature in ingresso ed in uscita. Nel settore di accettazione e movimentazione non deve essere consentito il deposito dei rifiuti.

Le aree di accettazione e di movimentazione dei rifiuti devono essere impermeabili e dotate di sistemi di raccolta dei reflui che in maniera accidentale possano fuoriuscire o dagli automezzi o dai serbatoi.

Deve essere prevista una zona per il lavaggio e la pulitura degli automezzi nel caso di contatto o sversamento di rifiuti durante le operazioni di carico e scarico.

La fase di stoccaggio dei rifiuti grezzi deve permettere la programmazione razionale dei tempi e delle modalità di trattamento, senza condizionare i conferimenti alle esigenze del processo. Deve essere realizzata in modo da minimizzare l'impatto ambientale e da garantire la sicurezza e l'igiene nel lavoro. Deve presentare caratteristiche volumetriche e di dislocazione tali da consentire lo stoccaggio differenziato di diverse categorie di rifiuti, le operazioni di omogeneizzazione fra rifiuti compatibili, i tempi di stoccaggio sufficienti per una completa caratterizzazione qualitativa del rifiuto, una razionale movimentazione dei rifiuti da inviare ai pretrattamenti.
Il settore di stoccaggio dei reagenti deve essere distinto dal settore stoccaggio rifiuti. Le modalità di stoccaggio devono essere conformi a quanto stabilito dalla normativa vigente in materia di stoccaggio dei prodotti.
I recipienti fissi o mobili, utilizzati all'interno degli impianti, e non destinati ad essere reimpiegati per le medesime tipologie di rifiuti, devono essere sottoposti a trattamenti di bonifica appropriati alle nuove utilizzazioni. Detti trattamenti devono essere effettuati presso idonea area dell'impianto, appositamente allestita e dotata di superficie impermeabile, o presso impianti autorizzati.

H 1.3 Movimentazione
Qualora la movimentazione dei rifiuti sia eseguita mediante pala meccanica ragno o gru ponte, la cabina di manovra della macchina deve essere dotata di climatizzatore e sistema di filtrazione adeguato alle tipologie di rifiuti da movimentare.
Durante la movimentazione dei rifiuti e del materiale inertizzato può verificarsi l'emissione di polveri. Quindi:

- lo stoccaggio dei rifiuti palabili in entrata deve avvenire in ambiente chiuso con sistemi di scarico dotati di sistemi di nebulizzazione ad acqua verso l'interno per evitare la fuoriuscita di materiale volatile
- lo stoccaggio dei rifiuti polverulenti deve avvenire in silos e con movimentazione a circuito pneumatico
- il grado di umidità del rifiuto inertizzato in uscita dall'impianto deve essere tale da non consentire la dispersione delle polveri.

H 1.4 Pretrattamenti
Le fasi di trattamento preliminare devono conferire ai rifiuti caratteristiche tali da consentirne una ottimale inertizzazione. Il miglioramento delle caratteristiche qualitative e granulometriche dei rifiuti da inviare all'inertizzazione può richiedere trattamenti preliminari quali:

- vagliatura per la separazione dei materiali indesiderati che possono ostacolare il funzionamento delle apparecchiature di trattamento o danneggiarle
- ispessimento o disidratazione meccanica onde ottenere lo stato fisico più idoneo all'attuazione del processo
- macinazione dei materiali grossolani che non presentano la granulometria compatibile con il sistema di trattamento
- umidificazione dei rifiuti conferiti allo stato solido polveroso
- trattamento di decianurazione per i rifiuti che possono dare luogo a emissione di HCN
- reazioni di riduzione di composti solubili, come i cromati.

Se l'impianto tratta differenti tipologie di rifiuti è necessaria una pre-omogeneizzazione degli stessi, una volta assicuratane la compatibilità.

H 1.5 Migliori Tecniche e tecnologie di Trattamento chimico – fisico dei rifiuti solidi

Si rinvia a quanto riportato nei capitoli D e F riguardo al campo di applicazione ed ai principali vantaggi e svantaggi dei processi di trattamento chimico – fisico dei rifiuti solidi nonché alle migliori tecniche già individuate nel capitolo E.

H 1.6 Post – trattamenti

A seconda della tipologia di trattamento adottata e delle caratteristiche del rifiuto può rendersi necessario il ricorso a post-trattamenti volti a garantire che le successive operazioni di smaltimento/recupero siano effettuate in condizioni di sicurezza. In particolare potrebbero rendersi necessarie le seguenti operazioni:

- stoccaggio del rifiuto trattato per eventuale completamento della stabilizzazione e solidificazione e relative verifiche analitiche
- adeguata gestione dei residui ed eventuali altri scarti di processo
- caratterizzazione e adeguato smaltimento dei rifiuti non recuperabili
- controlli sulla lisciviazione dei rifiuti trattati in caso di smaltimento in discarica

H 1.7 Manutenzione

Devono essere previsti accorgimenti in grado di eseguire agevolmente operazioni di manutenzione; a tale scopo tutti i macchinari impiegati nel trattamento chimico - fisico devono essere dotati di:

- sistemi di ingrassaggio e lubrificazione automatici o centralizzati
- cuscinetti autolubrificanti (dove possibile)
- contatori di ore di funzionamento, per la programmazione degli interventi di manutenzione
- pulsantiere locali per azionamento manuale delle macchine durante le manutenzioni
- possibilità di accesso in tutte le zone con mezzi di sollevamento (manipolatore telescopico, autogrù) per interventi di modifica o manutenzione pesante. Qualora gli spazi a disposizione non lo permettano, occorrerebbe prevedere un carro ponte o paranchi di manutenzione dedicati.

H 1.8 Accorgimenti per limitare la diffusione di rifiuti negli ambienti di lavoro

Negli impianti di selezione meccanica devono essere previsti accorgimenti in grado di impedire la fuoriuscita dei rifiuti dai nastri e dalle macchine di trattamento per mantenere la pulizia degli ambienti; a tale scopo occorre mettere in opera:

- nastri trasportatori ampiamente dimensionati dal punto di vista volumetrico
- pulitori sulle testate dei trasportatori e nastrini pulitori al di sotto dei trasportatori
- carterizzazioni
- cassonetti di raccolta del materiale di trascinamento, in corrispondenza delle testate posteriori o dei rulli di ritorno
- strutture metalliche di supporto delle macchine tali da permettere il passaggio di macchine di pulizia dei pavimenti.

H 1.9 Limitazione delle emissioni

Gli impianti di trattamento chimico-fisico devono essere eserciti in modo da non produrre emissioni dannose all'ambiente esterno e all'ambiente di lavoro, in particolare:

- emissioni di polveri
- emissioni di sostanze osmogene
- emissione di rumori
- scarichi liquidi
- produzione di rifiuti

Per quanto riguarda la limitazione delle emissioni di rumori è necessario, preliminarmente, individuare tutte le possibili sorgenti (comprese le sorgenti casuali) e le posizioni sensibili più vicine a tali sorgenti. Al fine di limitare i rumori è necessario acquisire, per ogni sorgente principale, le seguenti informazioni :

- posizione della macchina nella planimetria dell'impianto

- funzionamento (continuo, intermittente, fisso o mobile)
- ore di funzionamento
- tipo di rumore
- contributo al rumore complessivo dell'ambiente

E' anche necessario eseguire campagne di misurazione e mappatura dei livelli di rumore nell'ambiente.
Dopo l'acquisizione di tutte le informazioni necessarie vanno individuati i provvedimenti da attuare. Tutte le macchine devono essere messe a norma e devono essere dotate di sistemi di abbattimento dei rumori. I livelli sonori medi sulle 8 ore del turno lavorativo non devono superare gli 80 dB misurati alla quota di 1,6 m dal suolo e a distanza di 1 m da ogni apparecchiatura.
Le macchine che superano i limiti previsti dalle norme devono essere insonorizzate. All'esterno dei capannoni devono essere garantiti livelli di rumore inferiori a quelli ammessi dalla zonizzazione comunale, normalmente inferiori a 60 dB.

H. 2 Migliori tecniche di gestione degli impianti di trattamento chimico - fisico

La gestione degli impianti a tecnologia complessa deve:
- individuare i potenziali pericoli connessi con l'ambiente interno ed esterno all'impianto;
- identificare i rischi effettivi interni ed esterni all'impianto;
- prevedere la redazione di un manuale operativo, funzionale ai rischi rilevati, che comprenda anche le attività di manutenzione e di emergenza in caso di incidenti
- al fine di prevenire le situazioni incidentali ovvero, nel caso in cui esse si verifichino, di circoscriverne gli effetti e mitigarne le conseguenze.

Devono, inoltre, essere approntati i seguenti piani:
- Piano di gestione operativa
- Programma di sorveglianza e controllo
- Piano di ripristino ambientale per la fruibilità del sito a chiusura dell'impianto secondo la destinazione urbanistica dell'area.

H 2.1 Piano di gestione operativa

In fase di esercizio gli impianti di trattamento chimico fisico devono disporre di un piano di gestione operativa che individui le modalità e le procedure necessarie a garantire un elevato grado di protezione sia dell'ambiente che degli operatori presenti sull'impianto. Il criterio guida deve essere quello di minimizzare il contatto diretto degli operatori con i rifiuti, la loro permanenza in ambienti in cui sono presenti polveri e/o sostanze potenzialmente dannose per la salute, le operazioni di intervento manuale sulle macchine ed apparati tecnologici.
In particolare il piano di gestione deve contenere indicazioni su:
a) procedure di accettazione dei rifiuti da trattare (modalità di campionamento ed analisi e verifica del processo di trattamento)
b) tempi e modalità di stoccaggio dei rifiuti, tal quali ed a fine trattamento, e dei reagenti
c) criteri e modalità di miscelazione ed omogeneizzazione dei rifiuti da trattare ove previsto
d) procedure di certificazione dei rifiuti trattati ai fini dello smaltimento e/o recupero
e) procedure di monitoraggio e di controllo dell'efficienza del processo di trattamento, dei sistemi di protezione ambientale e dei dispositivi di sicurezza installati
f) procedura di ripristino ambientale dopo la chiusura dell'impianto in relazione alla destinazione urbanistica dell'area

H.2.2 Programma di sorveglianza e controllo (PSC)

Nell'ambito delle BAT va individuata la predisposizione ed adozione di un programma di sorveglianza e controllo, previsto, peraltro, in alcune leggi regionali a carico di tutti gli impianti di gestione dei rifiuti finalizzato a garantire che:

1. tutte le sezioni impiantistiche assolvano alle funzioni per le quali sono progettate in tutte le condizioni operative previste
2. vengano adottati tutti gli accorgimenti per ridurre i rischi per l'ambiente ed i disagi per la popolazione
3. venga assicurato un tempestivo intervento in caso di incidenti ed adottate procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie nel processo produttivo
4. venga garantito l'addestramento costante del personale impiegato nella gestione
5. venga garantito alle autorità competenti ed al pubblico l'accesso ai principali dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza
6. vengano adottate tutte le misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti.

Il controllo e la sorveglianza dovrebbero essere condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente ed i prelievi e le analisi previste per garantire il rispetto dei limiti alle emissioni, indicate nei documenti autorizzativi, dovrebbero essere effettuati da laboratori competenti, preferibilmente indipendenti, operanti in regime di qualità secondo le norme della famiglia ISO 9000 per le specifiche determinazioni indicate nel provvedimento autorizzativo.

I contenuti del PSC devono essere correlati, per quanto di competenza, con quelli del Piano di Gestione.

Nel caso di impianti di inertizzazione il PSC deve contenere i piani e le modalità esecutive dei controlli relativi a:

- monitoraggio delle acque e del terreno in prossimità della fossa di accettazione
- controlli e verifiche in punti prestabiliti all'interno del ciclo di trattamento per verificarne il corretto funzionamento in ogni fase
- controlli all'esterno dell'impianto sia dell'aria che del suolo utilizzando eventualmente anche indicatori biologici con modalità e caratteristiche proporzionali ai risultati attesi
- verifica delle concentrazioni degli scarichi idrici a monte e a valle dell'impianto per il trattamento delle acque di scarico.

H.3 - Strumenti di gestione ambientale

H 3.1 - Personale

La responsabilità della gestione dell'impianto di trattamento deve essere affidata ad una persona competente, tutto il personale deve essere adeguatamente addestrato.

H 3.2 - Benchmarking

Risulta opportuno analizzare e confrontare, con cadenza periodica, i processi, i metodi adottati e i risultati raggiunti, sia economici che ambientali, con quelli di altri impianti e organizzazioni che effettuano le stesse attività.

H 3.3 - Certificazione

Vanno attivate le procedure per l'adozione di sistemi di gestione ambientale (EMS) nonché di certificazione ambientale (ISO 14000) e soprattutto l'adesione al sistema EMAS.

H 3.4 - Sistemi di supervisione e controllo

Per gli impianti che trattano elevate quantità di rifiuti, tutti i sistemi, gli apparati e le apparecchiature costituenti l'impianto devono essere sottoposti ad un efficiente ed affidabile sistema di supervisione e controllo che ne consenta la gestione in automatico.

H 3.5 - Comunicazione e consapevolezza pubblica

E' necessaria la predisposizione di un programma di comunicazione periodica cha preveda:

- la diffusione periodica di rapporti ambientali
- la comunicazione periodica a mezzo stampa locale
- la distribuzione di materiale informativo
- l'apertura degli impianti per le visite del pubblico
- la diffusione periodica dei dati sulla gestione dell'impianto.

H.4 - Aspetti di pianificazione e gestione

H 4.1 - Ubicazione dell'impianto

La scelta del sito deve essere effettuata sulla base di valutazioni comparative tra diverse localizzazioni che tengano in considerazione tutti gli aspetti logistici, di collegamento con le diverse utenze e con gli impianti di destinazione dei rifiuti trattati nonché gli impatti ambientali.

Aree industriali dimesse o quelle destinate dalla pianificazione urbanistica agli insediamenti industriali costituiscono la collocazione più idonea per gli impianti.

Ai fini dell'individuazione delle aree idonee devono essere acquisite tutte le informazioni bibliografiche e cartografiche relative alle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, vincolistiche, ecc. del territorio in esame, da integrare eventualmente con indagini di campo.

Altri aspetti, di natura territoriale e socioeconomica, che intervengono successivamente nella scelta delle aree selezionate, sono:

- presenza di rilevanti beni storici, artistici, archeologici
- la distribuzione della popolazione
- la distribuzione delle industrie sul territorio.

H 4.2 - Trasporti e collegamento al sistema viario

Deve essere garantito un collegamento viario idoneo al transito dei mezzi per il conferimento dei rifiuti e per l'allontanamento dei residui.

Il conferimento dei rifiuti mediante ferrovia, se fattibile dal punto di vista tecnico-economico, è da privilegiare.

Al fine di ridurre i costi di trasporto e l'impatto sull'ambiente è necessario prevedere l'impiego di autocarri con la massima portata utile; di conseguenza è necessario verificare la disponibilità di strade adeguate.

H.5 Indicazioni specifiche per la gestione dei rifiuti contenenti amianto

I rifiuti contenenti amianto possono essere sottoposti a due differenti tipologie di trattamento:

- trattamenti che riducono il rilascio di fibre
- trattamenti finalizzati alla totale trasformazione cristallochimica dell'amianto

Sulla base di quanto previsto dalla normativa in materia di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto le diverse tipologie di trattamento, i relativi effetti e le possibili destinazioni dei rifiuti/materiali ottenuti (a seconda delle loro caratteristiche) vengono di seguito riportati.

TRATTAMENTI FINALIZZATI AL CONTENIMENTO DEL POTENZIALE INQUINANTE DEI RCA SENZA TRASFORMAZIONE DELLA STRUTTURA DELL'AMIANTO				
Trattamento	**Principio**	**Volume del prodotto**	**Effetto**	**Destinazione finale**
condizionamento in matrice cementizia	Impasto con cemento ed eventuali additivi	Inferiore al volume iniziale	Riduzione del rilascio di fibre	Discarica

Condizionamento in matrice di resine	Miscelazione con materiali polimerici	Superiore al volume iniziale	Riduzione del rilascio di fibre	Discarica
TRATTAMENTI DI TRASFORMAZIONE DELLA STRUTTURA DELL'AMIANTO				
Trattamento	**Principio**	**Volume del prodotto**	**Effetto**	**Destinazione finale**
Attacco chimico	Modificazione della struttura del rifiuto e precipitazione di sali non tossici	Aumento a seguito della formazione di fanghi di trattamento	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Discarica Riutilizzo come materia prima
Litificazione	Fusione a temperature elevate (1.300-1.450 °C)	Inferiore al volume iniziale	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Discarica Riutilizzo come materia prima
Litificazione pirolitica	Produzione di argilla espansa	Superiore al volume iniziale	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Discarica Riutilizzo come materia prima
Vetrificazione	Fusione con additivi a temperature elevate (1.000-1.300 °C)	Inferiore al volume iniziale	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Discarica Riutilizzo come materia prima
Produzione di clinker	Fusione con calcare ed argilla	Inferiore al volume iniziale	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Discarica Riutilizzo come materia prima
Ceramizzazione	Cottura a 800-1.000°C	Inferiore al volume iniziale	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Discarica Riutilizzo come materia prima
Vetroceramizzazione	Fusione a 1.300°C Cristallizzazione a 900 °C	Inferiore al volume iniziale	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Discarica Riutilizzo come materia prima
Trasformazioni meccanochimiche	Distruzione della struttura cristallina mediante stress meccanico	Inferiore al volume iniziale	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Discarica Riutilizzo come materia prima

Fermo restando il rispetto delle normative vigenti in materia di amianto ed, in generale in materia, di rifiuti e delle BAT precedentemente riportate, negli impianti di gestione dei rifiuti contenenti amianto devono, inoltre, essere sempre seguite le seguenti prescrizioni:

- negli ambienti ove si eseguono attività lavorative che possono comportare il superamento dei valori limite previsti dalla legge si devono sempre indossare i mezzi di protezione.
- I mezzi protettivi da utilizzare devono essere definiti sulla base del rischio di diffusione di fibre connesso all'attività svolta.
- I mezzi di protezione vanno indossati negli appositi spogliatoi prima di accedere alla zona contaminata o potenzialmente contaminata
- I mezzi di protezione potranno essere monouso o del tipo riutilizzabile; al termine del turno di lavoro i mezzi di protezione contaminati non a perdere saranno recuperati per la necessaria decontaminazione mentre quelli monouso saranno considerati RCA. I mezzi di protezione si distinguono in:
  - mezzi protettivi delle vie respiratorie;
  - abbigliamento protettivo
- Gli apparecchi di protezione delle vie respiratorie o respiratori che possono essere utilizzati nelle attività di manipolazione degli RCA devono essere adatti per ambienti inquinati da particelle.
- I mezzi protettivi delle vie respiratorie devono essere provati prima di ogni utilizzo per verificarne la rispondenza ai dati di targa.
- Durante le attività in presenza di amianto si deve indossare un adeguato abbigliamento protettivo.

- L'abbigliamento protettivo deve minimizzare il deposito delle fibre di amianto sulla pelle e sui capelli che possono costituire veicolo della diffusione delle fibre
- L'abbigliamento protettivo deve pertanto ridurre il più possibile le parti del corpo scoperte e generalmente è costituito da tuta intera, soprascarpe, copritesta o cappuccio e guanti del tipo a perdere.
- Le giunzioni dell'abbigliamento saranno sigillate mediante nastratura adesiva.
- Sotto l'abbigliamento protettivo deve essere indossata biancheria intima anch'essa possibilmente di tipo a perdere.
- Gli operatori, prima di indossare l'abbigliamento protettivo dovranno togliersi qualsiasi oggetto non strettamente necessario all'attività di manipolazione.
- Si dovrà effettuare una valutazione del rischio proveniente dalle fibre di amianto aerodisperse al fine di stabilire le misure preventive e protettive da attuare; tale valutazione dovrà tendere ad accertare l'inquinamento ambientale e a determinare l'esposizione dei lavoratori alle fibre di amianto.
- Si dovrà predisporre un piano di lavoro contenente le misure necessarie per garantire la sicurezza dei lavoratori e la protezione dell'ambiente, prima di iniziare i lavori di manipolazione dei materiali contenenti amianto.
- I lavoratori addetti dovranno ricevere adeguate informazioni in merito a:
  - i rischi potenziali per la salute dovuti all'esposizione alle fibre di amianto;
  - le norme igieniche, ivi compresa la necessità di: non fumare, non mangiare o masticare gomma;
  - le precauzioni da prendere per l'uso di equipaggiamenti e indumenti di protezione;
  - le misure di precauzione particolari che debbano essere prese per ridurre al minimo l'esposizione;
  - le varietà e i quantitativi di amianto utilizzati;
  - le tecniche di rimozione dell'amianto che dovranno includere un addestramento all'uso delle maschere respiratorie, sulle procedure per la rimozione, la decontaminazione e la pulizia del luogo di lavoro.
- Dovranno, inoltre, essere prese misure appropriate affinché:
  - i luoghi in cui si svolgono le attività siano accessibili esclusivamente ai lavoratori che vi debbano accedere a motivo del lavoro o delle loro funzioni;
  - siano predisposte aree speciali che consentano ai lavoratori di mangiare e bere senza rischio di contaminazione di polvere di amianto;
  - gli indumenti di lavoro e i mezzi protettivi siano riposti in luogo separato da quello destinato agli abiti civili
  - i lavoratori possano disporre di impianti sanitari adeguati, provvisti di docce destinati al loro uso esclusivo per tutta la durata dell'asportazione e decontaminazione

I. Analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento elencate al punto precedente, anche con riferimento ai tempi di attuazione

I1. - Applicazione delle BAT

L'applicabilità di una qualsiasi BAT, soprattutto nel caso degli impianti esistenti, non può risultare di carattere generale essendo essa legata a diversi fattori presenti a livello locale, che possono influenzare notevolmente le prestazioni raggiungibili.
Tra questi si citano:

- le dimensioni dell'impianto
- l'età dell'impianto
- il tempo di vita residuo dell'impianto
- l'ubicazione e il contesto locale
- le caratteristiche dei rifiuti trattati (principalmente il contenuto di inquinanti)
- la presenza di vincoli di carattere tecnico.

I1.1 - Le dimensioni dell'impianto

Si può senza dubbio affermare che l'economia di scala non consente agli impianti di taglia ridotta di ottenere, a parità di costo unitario, le stesse prestazioni ambientali, a causa dell'influenza negativa del fattore di scala. Questo può rendere alcune tecniche difficilmente applicabili.

I1.2 - L'età dell'impianto

In linea generale l'applicazione delle BAT dovrebbe essere idonea sia per gli impianti nuovi che per quelli esistenti.
E' altrettanto evidente che tale affermazione deve poi essere calata all'interno della realtà del singolo impianto.

I1.3 - Le caratteristiche dei rifiuti trattati.

La conoscenza approfondita delle matrici in ingresso agli impianti di trattamento chimico-fisico è di estrema importanza, per accertare la compatibilità con il processo e con l'impianto.
La tipologia del rifiuto in ingresso influenza notevolmente il tipo di tecnologia più adatta per la realizzazione del trattamento chimico – fisico come evidenziato nei paragrafi precedenti: bisognerà perciò avere una conoscenza esatta della composizione del rifiuto.

I1.4 - Presenza di vincoli di carattere tecnico

Tra le difficoltà che possono insorgere nell'applicazione di specifiche BAT occorre sicuramente annoverare:

- La compatibilità tecnica dell'intervento in esame con i criteri progettuali e/o realizzativi delle installazioni esistenti;
- La mancata disponibilità di aree idonee per l'installazione di apparecchiature, sistemi e/o componenti aggiuntivi.

I2- Interventi per l'applicazione delle BAT

Per l'adeguamento del sistema impiantistico nazionale ai dettami della direttiva IPPC possono essere individuati due tipi di interventi:

- Interventi di carattere operativo gestionale, caratterizzati da tempi di realizzazione e costi relativamente ridotti, nonché vantaggi prestazionali accettabili per impianti che sono praticamente già in linea o quasi con la futura normativa;

- Interventi ristrutturativi, che prevedono il rifacimento, più o meno esteso, di qualche sezione dell'impianto individuata come critica e che comportano tempi di realizzazione (indicativamente dell'ordine dei 24 mesi), con maggiori impegni economici.

Nella valutazione della scelta delle migliori tecniche si deve, anche, tener presente che potrebbe risultare difficoltoso adottarne alcune (es. sostituire un processo tecnologico con un altro) in impianti esistenti.

Le tecniche legate ad aspetti gestionali, di cui al capitolo H, devono, invece, essere sempre introdotte al fine di garantire elevati livelli di tutela dell'ambiente e della salute umana.

J - Fattibilità economica delle tecniche elencate analizzata attraverso analisi costi-benefici

La valutazione economica delle tecniche non è ancora stata approfondita in ambito europeo; sui documenti di riferimento relativi a questo settore sono riportate, allo stato attuale, solo informazioni di carattere generale, che non consentono di effettuare valutazioni esaustive in merito alla fattibilità economica.
In generale l'applicazione delle BAT determina, su tutte le tipologie d'impianto esaminate, i seguenti benefici:

- incremento della produttività degli impianti (maggiore automazione, maggiore affidabilità e minore necessità di manutenzione); minori costi di esercizio.
- Maggiore sostenibilità ambientale. L'adozione delle BAT sia per gli apparati produttivi che per gli impianti di abbattimento delle emissioni produce una maggiore efficienza di recupero di determinati materiali, una migliore utilizzazione delle risorse (energia, acqua, materiali di consumo) e una maggiore difesa dell'ambiente.
- Maggiore controllabilità di tutto il sistema. La concentrazione delle lavorazioni in unità produttive più grandi e organizzate rende anche più controllabile tutto il sistema industriale del recupero, che tenderà per sé stesso a un maggiore autocontrollo.

A fronte di questi benefici si possono considerare i costi di adeguamento dell'impianto, che in certi casi possono essere relativamente elevati, specialmente per piccoli insediamenti a scala ridotta.

K - Definizione dei criteri di individuazione e utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

K1 - La definizione di BAT

K1.1 - La direttiva 96/61/CE

La direttiva 96/61/CE ("Direttiva IPPC") definisce le "migliori tecniche disponibili" come:
"la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso".
A tale scopo occorre tenere presente le seguenti definizioni:

- "tecniche", si intende sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- "migliori", qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;
- "disponibili", qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli.

K1.2 - Impatto ambientale e rischi

Le tecniche individuate devono minimizzare l'impatto dell'impianto sull'ambiente relativo a tutte le matrici interessate (acqua, aria, suolo) e sulla salute umana, nel rispetto degli specifici requisiti stabiliti dalla normativa vigente. La sicurezza dei lavoratori deve essere tutelata, in accordo alla vigente normativa.

K1.3 - Fattibilità tecnico-economica

Le tecniche prescelte devono essere affidabili e deve essere garantita la qualità dei sistemi e delle apparecchiature utilizzate. I costi di investimento, esercizio e manutenzione devono essere sostenibili. Le analisi costi-benefici devono aver dato prova positiva.

K1.4 - Processo decisionale per l'individuazione delle BAT

Per l'individuazione di una BAT occorre mettere in atto un processo decisionale che sulla base dei dati disponibili sulla tecnica in esame e delle specifica applicazione, tenuto conto dei fattori locali e degli aspetti summenzionati possa portare ad una valutazione della sua applicabilità.

K2 - Criteri di individuazione delle BAT

Considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle migliori tecniche disponibili, tenuto conto dei costi e dei benefici che possono risultare da un'azione e del principio di precauzione e prevenzione.

K2.1 - Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti

Le tecniche adottate nei i processi di trattamento devono limitare la produzione di rifiuti non recuperabili.
Inoltre devono essere affrontate le problematiche legate allo stoccaggio, carico, trasporto e scarico dei rifiuti prodotti

K2.2Impiego di sostanze meno pericolose
Nella progettazione dell'impianto e nella sua conduzione deve essere previsto l'impiego di sostanze e materiali selezionati secondo i criteri della minore pericolosità e del minore consumo.

K3 - Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale
Le tecniche individuate devono garantire prestazioni e livelli di esercizio verificati sulla base di applicazioni di successo su scala industriale.
L'impianto deve garantire elevata disponibilità e affidabilità di esercizio.
E' importante la molteplicità di fornitori e la disponibilità sul mercato di ricambi, materiali e reagenti necessari per l'esercizio e per le manutenzioni.
Le tecniche adottate devono essere compatibili con le condizioni locali (ambientali, climatiche, geografiche, socio-economiche).

K4 - Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico
Le tecniche devono essere scelte alla luce delle evoluzioni in campo scientifico e dei relativi progressi tecnici conseguiti nel settore del trattamento chimico-fisico dei rifiuti.
Qualsiasi tecnica deve dimostrare anche la capacità di evolvere ed essere in grado di adattarsi a nuove soluzioni e condizioni.

K5 - Natura, effetti e volume delle emissioni
La valutazione degli effetti delle emissioni deve tenere conto della situazione al contorno (piani di qualità dell'aria e dell'acqua, piani territoriali e urbanistici, ecc.)
Devono essere utilizzate le tecniche più avanzate per la misurazione delle emissioni e dei parametri di processo, nel rispetto dei requisiti minimi prescritti dalla normativa.

K6 - Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti
Sono da considerare la vita media di un impianto e la sua capacità produttiva nel tempo.

K7 - Tempo richiesto per l'adozione di una migliore tecnica disponibile
Nel settore del trattamento dei rifiuti, la variabilità e complessità dei materiali da trattare richiedono l'attenta sperimentazione e la verifica sul campo di qualsiasi nuova tecnica proposta.
Gli investimenti necessari possono essere notevoli, anche alla luce delle taglie significative degli impianti; molto spesso il passaggio dalla sperimentazione alla realizzazione industriale è un processo lento e costoso che può richiedere anni.

K8 - Consumo di risorse
Le tecniche selezionate devono essere finalizzate alla minimizzazione dei consumi di acqua, materie prime, energia; devono inoltre prediligere l'impiego di sostanze e materiali la cui produzione è, a sua volta, causa di un ridotto impatto ambientale e minimi consumi energetici.
In questa valutazione può risultare utile l'impiego di sistemi di analisi del ciclo di vita (LCA).
Le tecniche prescelte devono utilizzare apparecchiature a basso consumo di energia.

K9 - Prevenzione e riduzione dell'impatto globale sull'ambiente
E' necessario minimizzare l'impatto delle emissioni in aria, in acqua e al suolo, tenendo conto della specifica realtà territoriale in cui è insediato l'impianto. L'impatto globale deve essere valutato nell'ambito di piani locali della qualità dell'aria e delle acque.
Deve essere accuratamente valutato che un impianto non affidabile può mettere in crisi il servizio (pubblico o meno) di smaltimento rifiuti.
Inoltre, occorre ridurre al minimo il numero di fermate e avviamenti dell'impianto, perché in queste fasi vengono, di solito, emesse le maggiori quantità di inquinanti.

Sono richieste tecniche di misurazione di elevata qualità per il monitoraggio in continuo dei parametri operativi dell'impianto e delle emissioni.

K10 - Prevenzione degli incidenti e minimizzazione degli effetti
Le tecniche adottate devono considerare la possibilità di incidenti, guasti e malfunzionamenti degli impianti e prevenirne o limitarne le conseguenze. Gli impianti devono essere dotati di sistemi di sicurezza intrinseca e di adeguate riserve. In caso di guasto improvviso o di mancanza di alimentazione, le apparecchiature devono portarsi autonomamente in condizioni di massima sicurezza.
Tenere in debita considerazione l'avvio, le perdite, le disfunzioni, gli arresti temporanei e l'arresto definitivo dell'impianto. Le tecniche prescelte devono prevedere tutte le misure per fronteggiare qualsiasi condizione anomala di esercizio.
Deve essere previsto un idoneo sistema antincendio.
La responsabilità della gestione dell'impianto va affidata a persone competenti e il personale deve essere adeguatamente addestrato.

L – Glossario

L1 - Abbreviazioni e acronimi

AIA	Autorizzazione Integrata Ambientale
APAT	Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici
APC	Air Pollutions
BAT	Best Available Tecnologies
BOD	Biologic Oxigen Demand
Brefs	Best Available Tecnologies Reference Documents
CE	Commissione Europea
CEN	Comitato Europeo di Normazione
COD	Chemical Oxigen Demand
EMAS	Sistema Comunitario di Ecogestione ed Audit (Enviromental ManagEment and Audit System)
ETAC	European Technical Admetee Committee
FMECA	Failure Modes Effects Critical Analisys
FMEA	Failure Modes Effects Analisys
GTR	Gruppi Tecnici Ristretti
GUCE	Gazzetta Ufficiale Comunità Europea
HazOp	Hazard Operability
ISO	International Standards Organization
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
IPPC	Integrate Pollution Prevention and Control – Prevenzione e Riduzione Integrate dell'Inquinamento
MATT	Ministero Ambiente Tutela del Territorio
MDT	Migliori Tecniche Disponibili - vedi BAT
ORC	odour recognition concentration
OT	odor threshold
PAH	vedi IPA
PCB	Poli Cloro Bifenili
PCDD - F	PoliCloroDibenzoDiossine e Furani
PHA	Preliminary Hazard Analysis
Ph -c	Fisico – Chimico
RSAU	Rifiuti Solidi Assimilati agli Urbani
SGA	Sistema di Gestione Ambientale
SVOCs	Semi Volatile Organic Compounds
TLV	Threshold Limit Value
TOC	Carbinio Organico Totale
TWA	Time Weighting Average
VIA	Valutazione Impatto Ambientale
VOCs	Volatile Organic Compounds

BIBLIOGRAFIA

- European IPPC Bureau (a cura di) "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"
- Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (IGAG), CNR, Progetto LIFE99 / ENV / IT / 000153 - AMOS
- CITEC (a cura di) (2004), "Linee guida per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani", Ed. Hyper
- Maffezzoni - S. Valletti - R Pedrazzoni L. E. Depero - Laboratorio di strutturistica Chimica, facoltà di ingegneria - università degli studi di Brescia- IV convegno Nazionale - Utilizzazione Termica dei rifiuti Abano Terme n. 12 - 13 giugno 2003
- SEP-Pollution, Convegni e seminari SEP 2000 - "La bonifica dei siti inquinati", Ed. Hyper

-

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

5 Gestione dei rifiuti

(Impianti di trattamento meccanico biologico)

PREMESSA

Il presente documento riassume le proposte del Gruppo Tecnico Ristretto (GTR) sulla gestione dei rifiuti, istituito dalla Commissione Nazionale ex art. 3 comma 2 del D.Lgs 372/99, nell'ambito delle attività inerenti la redazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
Il GTR risulta così costituito:

- dott.ssa Rosanna Laraia (APAT, coordinatore) designata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Fabrizio De Poli (MATT), designato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Marco Di Basilio (ISPESL) e dott.ssa Loredana Musmeci (ISS), designati dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Di Masi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Guido Morini e dott. Paolo Cesco designati da Confindustria.

Il documento è stato elaborato nell'ambito del sottogruppo "Impianti di trattamento meccanico biologico" al quale hanno partecipato, oltre alla dott.ssa Rosanna Laraia, coordinatore del GTR, i seguenti esperti:

- ing. Nadia Cipriani
- dott.ssa Francesca Lucignano

Ha collaborato ai lavori il dott. Massimo Centemero (Consorzio Italiano Compostatori)

INDICE

A. SCOPI ED OBIETTIVI

Con decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come "IPPC"), per la redazione di linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD), meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("**B**est **A**vailable **T**echniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.
A livello comunitario la Commissione Europea (CE) ha istituito da tempo, ai fini dell'attuazione della suddetta direttiva, un apposito "ufficio IPPC" con sede presso il Centro Comunitario di Ricerche di Siviglia. L'ufficio in questione coordina una serie di gruppi tecnici cui spetta il compito di redigere dei documenti di riferimento per l'individuazione delle BAT, i cosiddetti "**B**est Available Techiniques **Ref**erence documents", (BRefs).
Nel presente documento sono riportati i risultati del lavoro del GTR sottogruppo "Impianti di trattamento meccanico biologico".
Riguardo agli impianti trattati nel presente documento, va evidenziato che sono individuati dalla Direttiva IPPC nell'ambito delle operazioni di trattamento di rifiuti non pericolosi di cui all'allegato IIA della direttiva 75/442/CEE al punto D8.
Nel corso dei vari capitoli, delle presenti linee guida, si fa riferimento al documento Europeo "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" (WT BRef).
Scopo principale del documento è quello di costituire un riferimento sulle conoscenze tecniche e tecnologiche del settore specifico, che possa essere di aiuto, sia all'operatore in sede di presentazione della domanda di autorizzazione integrata ambientale, sia all'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare la relativa autorizzazione.
A tale fine si è cercato di fornire:

- un quadro quanto più esaustivo dello stato attuale e delle prospettive riguardo ai processi ed alle tecnologie del trattamento biologico dei rifiuti, includendo in tale accezione non solo i rifiuti urbani (RU), ma anche i rifiuti speciali (RS);
- una sintesi dei lavori svolti a livello europeo, le cui conclusioni (ancora parziali) sono riportate nel summenzionato Bref;
- informazioni riguardo agli attuali livelli di emissioni ed ai consumi di risorse (materie prime ed energia) del settore;
- alcune linee guida su possibili tecniche che possono costituire BAT di riferimento a livello nazionale, tenuto conto della specifica situazione del settore in Italia.

Sulla definizione delle BAT, in particolare, si intende qui evidenziare che la loro applicabilità non può risultare di carattere generale, essendo fortemente influenzata dalla tipologia di rifiuti trattati e, soprattutto, dalle condizioni locali nel quale lo specifico impianto è o dovrà essere installato.
Al riguardo, di particolare rilevanza risulta essere l'aspetto relativo all'analisi costi-benefici delle BAT individuate, che assume un significato molto ampio che deve includere i costi ed i benefici sia per gli Operatori, che per la collettività.
La fattibilità economica sia in sede di definizione, che di valutazione, deve essere effettuata caso per caso, in quanto essa non può prescindere da fattori locali (ambientali, gestionali, territoriali, economici e sociali) riguardanti sia l'azienda, (es.: dimensioni ed età

dell'impianto) che la presenza o meno sul territorio interessato di servizi, infrastrutture o problematiche particolari che possono influenzare in maniera notevole la quantificazione di oneri e benefici (di tutti) e quindi, in ultima analisi, le scelte di carattere tecnico-gestionale dell'azienda.
Nello spirito di "linea guida" si ritiene che nel presente documento possano essere fornite a riguardo solo indicazioni di carattere generale, che dovranno essere oggetto di verifica quantitativa di dettaglio a livello di singolo impianto, inserito in una specifica realtà locale.

B. IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE RILEVANTE DEL SETTORE

Di seguito, viene riportato un elenco non esaustivo della normativa comunitaria e nazionale in tema di gestione dei rifiuti e di riduzione dell'impatto sull'ambiente che può presentare risvolti sul settore del trattamento dei rifiuti.

L'elenco riportato non ha alcuna pretesa di completezza e non può pertanto costituire un riferimento da adottare nei procedimenti autorizzativi, anche alla luce del fatto che esso non include la normativa regionale, alla quale occorre attenersi per l'esercizio degli impianti.

B.1 Normativa Comunitaria

Working document 2 nd Draft 12 febbraio 2001 *biological treatment of biowaste*

Working document 3 nd Draft 27 aprile 2000 *on sludge*

Direttiva 76/769/CEE del 27 luglio 1976 *concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*

Direttiva 84/360/CEE del 28 giugno 1984 *concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.*

Direttiva 85/467/CEE del 1° ottobre 1985 *recante sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di ammissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*

Direttiva 86/278/CEE del 12 giugno 1986 *concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura*

Direttiva 89/369/CEE dell'8 giugno 1989 *sulla prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani.*

Direttiva 89/429/CEE del 21 giugno 1989 *sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti esistenti di incenerimento dei rifiuti urbani.*

Direttiva 91/271/CEE del 21 maggio 1991 *concernente il trattamento delle acque reflue urbane.*

Direttiva 91/689/CEE del 12 dicembre 1991 *relativa ai rifiuti pericolosi.*

Direttiva 91/692/CEE del 23 dicembre 1991 *per la standardizzazione e la razionalizzazione delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente.*

Reg. CEE 23 marzo 1993, n. 793 "*Valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".

Reg. CE 28 giugno 1994, n. 1488 "*Principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, a norma del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio*".

Reg CE 3 ottobre 2002 n.1774 *relativo alle norme sanitarie applicabili ai sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano*

Direttiva 94/31/CE del 27 giugno 1994 *che modifica la Direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*

Direttiva 94/62/CE del 25 novembre 1994 *sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio.*

Direttiva 94/67/CE del 16 dicembre 1994 *sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi.*

Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 *sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.*

Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996 *relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose* (Seveso BIS).

Direttiva 96/59/CE del 16 settembre 1996 *concernente lo smaltimento dei Policlorodifenili e dei Policlorotrifenili (PCB/PCT).*

Decisione 96/350/CE del 24 maggio 1996 *che adatta gli allegati IIA e IIB della Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti.*
Risoluzione 97/76/CEE del 24 febbraio 1997 *Strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti.*
Direttiva 99/31/CE del 26 aprile 1999 *relativa alle discariche dei rifiuti.*
Direttiva 2000/76/CE del 4 dicembre 2000 *relativa all'incenerimento dei rifiuti.*
Decisione 2000/532/CE del 3 maggio 2000 *che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art.1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*
Direttiva 2000/53/CE del 18 settembre 2000 *relativa ai veicoli fuori uso.*
Direttiva 2000/59/CE del 27 novembre 2000 *relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico.*
Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 *che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque*
Decisione 2001/68/CE del 16 gennaio 2001 *che definisce i parametri relativi ai PCB ai sensi dell'articolo 10, lettera a) della direttiva 96/59/CE concernente lo smaltimento dei policlorobifenili e policlorotrifenili (PCB/PCT).*
Direttiva 2001/58/CE del 27 luglio 2001 *che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza).*
Direttiva 2001/77/CE del 27 settembre 2001 *sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità*
Decisione 2001/118/CE del 16 gennaio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti istituito dalla Decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/119/CE del 22 gennaio 2001 *che modifica la Decisione 2000/532/CE che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art.1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*
Decisione 2001/573/CE del 23 luglio 2001 *che modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE.*
Decisione 2001/753/CE del 17 ottobre 2001 *relativa al questionario che gli Stati membri devono utilizzare per le loro relazioni sull'attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/151/CE del 19 febbraio 2002 *relativa ai requisiti minimi per il certificato di rottamazione rilasciato ai sensi dell'art. 5, paragrafo 3 della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/525/CE del 27 giugno 2002 *che modifica l'allegato II della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Decisione 2002/1600/CE del 22 luglio 2002 *che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente.*
Decisione 2002/909/CE del 13 novembre 2002 *relativa alle norme italiane che dispensano dagli obblighi di autorizzazione gli stabilimenti o le imprese che provvedono al recupero dei rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 3 della direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*

Direttiva 2002/95/CE del 27 gennaio 2003 *sulla restrizione d'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche.*
Direttiva 2002/96/CE del 27 gennaio 2003, *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Regolamento (CE) n. 2150/2002 del 25 novembre 2002 *relativo alle statistiche sui rifiuti.*
Decisione 2003/33/CE del 19 dicembre 2002, *che stabilisce criteri e procedure per l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi dell'articolo 16 e dell'allegato II della direttiva 1999/31/CE.* **Direttiva 2002/95/CE del 27 gennaio 2003** *sulla restrizione d'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche.*
Direttiva 2003/87/CE del 13 ottobre 2003 *che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra nelle Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE.*
Direttiva 2003/108/CE dell'8 dicembre 2003 *che modifica la direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAAE).*
Decisione 2003/138/CE del 27 febbraio 2003 *che stabilisce norme di codifica dei componenti e dei materiali per i veicoli a norma della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*
Comunicazione della Commissione Europea del 27 maggio 2003, *Verso una Strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti* - Com(2003)301 definitivo.
Decisione 2004/156/CE del 29 gennaio 2004 *che istituisce le linee guida per il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della direttiva 2003/87/CE.*
Decisione 2004/280/CE dell'11 febbraio 2004 *relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a affetto serra nella Comunità e per attuare il Protocollo di Kyoto.*
Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004 *"Modifiche alla direttiva 94/62/Ce sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio"*
Decisione 2004/249/CE dell' 11 marzo 2004 *relativa al questionario ad uso degli stati membri sull'attuazione della direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*
Decisione 2004/279/CE del 19 marzo 2004 *concernente orientamenti per l' attuazione della direttiva 2002/03/CE relativa all' ozono nell' aria.*
Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004 *concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente*
Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005 *"Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"*- Com(2005)666 definitivo.
Regolamento 782/2005/CE del 24 maggio 2005 *che stabilisce il formato per la trasmissione dei risultati delle statistiche sui rifiuti*
Regolamento 1445/2005/CE del 5 settembre 2005 *che definisce gli opportuni criteri di valutazione della qualità e i contenuti delle relazioni sulla qualità delle statistiche sui rifiuti ai fini del regolamento (CE) n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio*
Direttiva 2006/12/CE del 5 aprile 2006 *relativa ai rifiuti*
Regolamento 2006/1013/CE del 14 giugno 2006 *relativo alle spedizioni di rifiuti*

B.2 Normativa Nazionale

Normativa generale sui rifiuti e sugli impianti di trattamento rifiuti
Deliberazione del Comitato interministeriale 27 luglio 1984 *Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982 n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti*

Legge 19 ottobre 1984 n.748 e successive modificazioni *Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti*
Legge 28 dicembre 1993, n. 549 *"Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente"* (come modificata dalla **legge 16 giugno 1997, n. 179**).
D.M. 29 ottobre 1997 *"Approvazione statuto CONAI"*.
D.M. 5 febbraio 1998 *"Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli artt.31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22"*.
D.M. 28 aprile 1998, n. 406 *"Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti"*
D.M. 4 agosto 1998, n. 372 *"Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti"*
D.M. 15 luglio 1998 *"Approvazione statuti consorzi di filiera"*.
D.M. 1 aprile 1998, n. 145 *"Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli artt.15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del D.Lgs. 22/97"*.
D.M. 1 aprile 1998, n. 148 *"Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli artt. 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4 del D.Lgs. 22/97"*.
D.M. 3 settembre 1998, n. 370 *"Regolamento recante le norme concernenti le modalità di prestazione della garanzia finanziaria per il trasporto transfrontaliero dei rifiuti"*.
Legge 9 dicembre 1998, n. 426 *"Nuovi interventi in campo ambientale"*
Legge 25 febbraio 2000, n. 33 *"conversione in legge con modificazioni del D.L. 30 dicembre 1999, n. 500 recante disposizioni urgenti concernenti la proroga di termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB nonché l'immediata attuazione di risorse finanziarie necessarie all'attivazione del protocollo di Kyoto"*.
Legge 23 marzo 2001, n. 93 *"Disposizioni in campo ambientale"*.
Legge 20 agosto 2001, n. 335 *"Conversione in legge del DL 16 luglio 2001, n. 286 recante differimento di termini in materia di smaltimento rifiuti"*.
Legge 31 ottobre 2001, n. 399 *"Istituzione di una Commissione parlamentare di inchiesta sul ciclo dei rifiuti"*.
Legge 21 dicembre 2001, n. 443 *"Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive"*.
Direttiva Ministero dell'ambiente e tutela del territorio 9 aprile 2002 *"Indicazioni per la piena e corretta applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti"*.
D.M. 12 giugno 2002, n. 161 *"Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 22/97, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate"*
Legge 31 luglio 2002, n. 179, *"Disposizioni in materia ambientale"* (Collegato ambientale alla Finanziaria 2002).
DPCM 24 dicembre 2002 *Approvazione del nuovo modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2003*
D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 *"Attuazione della Direttiva 1999/31/CE – discariche di rifiuti"*
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 182, *"Attuazione della direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi ed i residui del carico"*
D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 209, *"Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso"*

D.M. 8 maggio 2003, n. 203, "*Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30 % del fabbisogno medesimo*" (Green Public Procurement).

D.P.R. 15 luglio 2003, n. 254 "*Regolamento recante disciplina della gestione dei rifiuti sanitari a norma dell'articolo 24 della legge 31 luglio 2002, n. 179*".

Legge 31 ottobre 2003, n. 306 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee*" (Legge Comunitaria 2003).

D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387, "*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.*

Legge 15 dicembre 2004, n.308 "*Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione***"**

DPCM 22 dicembre 2004 "*Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2005 – cap.1 sezione veicoli a fine vita o fuori uso*"

D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133 "*Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti*".

D.Lgs. 25 luglio 2005, n. 151 "*Attuazione della direttiva 2002/95/CE, della direttiva 2002/96/CE e della direttiva 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti*".

D.M. 3 agosto 2005 "*Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica*".

D.M. 17 novembre 2005, n. 269 "*Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi provenienti dalle navi, che è possibile ammettere alle procedure semplificate*"

D.Lgs 23 febbraio 2006, n. 149 "*Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs 24 giugno 2003, n. 209, recante attuazione della direttiva 2000/53/CE in materia di veicoli fuori uso*".

D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 "*Norme in materia ambientale*" , *parte IV*

Decreto 5 aprile 2006, n.186 " *Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22"*

D. Lgs 29 aprile 2006, n. 217 "*Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti*".

Decreto 5 maggio 2006 "*Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili*"

Inquinamento atmosferico e contenimento emissioni

D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 18*".

D.P.C.M. 21 luglio 1989 "*Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali*".

D.M. 12 luglio 1990 "*Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione*".

D.P.R. 25 luglio 1991 *"Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989"*.

Legge 28 dicembre 1993, n. 549 *"Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente", modificata dalla legge 16 giugno 1997, n. 179"*.

Legge 15 gennaio 1994, n. 65 *"Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992"*.

D.M. 15 aprile 1994 *"Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 24 maggio 1991"*.

D.M. 21 dicembre 1995 *"Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali"*.

D.M. 19 novembre 1997, n. 503 *"Regolamento recante norme per l'attuazione delle Direttive CEE 89/369 e 89/ 429 concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari"*.

D.Lgs. 4 agosto 1999, n.351 *"Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente"*.

D.M. 25 agosto 2000 *"Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203"*.

D.M. 4 giugno 2001 *"Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337"*.

D.P.C.M. 8 marzo 2002 *"Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione"*.

D.M. 2 aprile 2002, n. 60 *"Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio"*.

Legge 1 giugno 2002, n. 120 *"Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997"*.

D.M. 20 settembre 2002 *"Attuazione dell'articolo 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico"*

D.M. 16 gennaio 2004, n. 44 *"Recepimento della direttiva 199/13/CE relativo alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali ai sensi dell' art. 3, comma 2, del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203"*.

Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171 *"Attuazione della direttiva 2001/81/Ce relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici"*

D.Lgs 21 maggio 2004, n. 183 *"Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria"*.

D.M. 26 gennaio 2005 *"Istituzione presso la Direzione generale per la salvaguardia ambientale del comitato tecnico previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171"*

Tutela delle risorse idriche

Legge 11 novembre 1996. n. 574 "*Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari*".
D.M. 23 marzo 2000 recante "*Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico*".
D.M. 28 luglio 2004 *"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*.
D.M. 12-6-2003 n. 185 *"Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152"*
D.M. 6 luglio 2005 *"Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152"*
D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale"*, parte III

Valutazione Impatto Ambientale e IPPC
Legge 8 luglio 1986, n. 349 "*Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 "*Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*".
D.P.C.M. 27 dicembre 1988 "*Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377*".
D.P.R. 12 aprile 1996 "*Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale*".
D.P.R. 11 febbraio 1998 "*Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6*".
D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348 "*Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere*".
D.P.C.M. 3 settembre 1999 "*Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale*".
D.M. 23 novembre 2001 "*Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372*" (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES).
D.M. 26 aprile 2002 "*Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999*".
Legge 1 marzo 2002, n. 39 "*Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee*" (Legge Comunitaria 2002).
D.M. 19 novembre 2002 "*Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999*".

D.L. 24 dicembre 2003, n. 355 convertito con modificazioni in legge 27 febbraio 2004, n. 47 "*Proroga di termini previsti da disposizioni legislative*".
D.M. 1° aprile 2004 "*Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale*".
D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 "*Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento*" (IPPC).

Inquinamento acustico
D.P.C.M. 1 marzo 1991 "*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*".
Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "*Legge quadro sull'inquinamento acustico*".
D.M. 11 dicembre 1996 "*Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo*".
D.P.C.M. 14 novembre 1997 "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*".
D.M. 16 Marzo 1998 "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*".
D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 "*Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto*".
D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194 "*Attuazione della direttiva 2002/49/Ce relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*".

Sostanze pericolose
R.D. 18 giugno 1931, n. 773 "*Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza*".
D.M. 3 dicembre 1985 "*Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delle Comunità europee*".
D.M. del 23 febbraio 1988 n. 84 "*Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi*".
D.P.R. 24 maggio 1988, n. 216 "*Attuazione della direttiva CEE 85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 76/769 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183*".
D.M. 11 febbraio 1989 "*Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB*".
D.M. 17 gennaio 1992 "*Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT)*".
D.M. 29 luglio 1994 "*Attuazione delle direttive CEE numeri 89/677, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 febbraio 1994, n. 146*".
D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52 "*Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".

D.M. 4 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza*".
D.M. 28 aprile 1997 "*Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*".
D.M. 12 agosto 1998 "*Recepimento delle direttive 94/60/CE, 96/55/CE, 97/10/CE, 97/16/CE, 97/56/CE e 97/64/CE recanti modifiche alla direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi* ".
D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 174 "*Disciplina sanzionatoria per le violazioni delle disposizioni del regolamento (CEE) n. 793/93 relativo alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti*".
D.Lgs. 22 maggio 1999, n.209 "*Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili*".
D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334 "*Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose*".
D.M. 26 gennaio 2001 "*Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva 2000/32/CE*".
D.M. 11 aprile 2001 "*Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose*".
D.M. 11 ottobre 2001 "*Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento*".
D.M. 7 settembre 2002 "*Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio*".
D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65 "*Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi*".
D.M. 3 luglio 2003, n. 194 "*Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE del 22 dicembre 1998 della Commissione, che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE del Consiglio relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose*".

Sicurezza e igiene sul lavoro
D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547 "*Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*".
D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 "*Norme generali per l'igiene del lavoro*".
Legge 5 marzo 1990, n. 46 "*Norme per la sicurezza degli impianti*".
D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447 "*Regolamento di attuazione della legge 46/90 in materia di sicurezza degli impianti*".
D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 "*Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".
D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 "*Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale*".

D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242 *"Modifiche ed integrazioni al Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante l'attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro"*.
D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493 *"Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro"*.
D.M. 10 marzo 1998 *"Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro"*.
D.M. 12 novembre 1999 *"Modificazioni all'allegato 11 del D.Lgs. 242/96"*.
D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 359 *"Attuazione della direttiva 95/63/CE che modifica la direttiva 89/655/CEE relativa ai requisiti minimi di sicurezza e salute per l'uso di attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori"*.
D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 66 *"Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro" (TITOLO VII del D.Lgs. 626/94)*.
D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25 *"Attuazione della direttiva 1998/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro"*.
D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233 *"Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive"* (TITOLO VIII-bis del D.Lgs. 626/94).
D.Lgs. 23 giugno 2003, n. 195 *"Capacità e requisiti professionali richiesti agli addetti ed ai responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori"*.
D.Lgs. 8 luglio 2003, n. 235 *"Requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori"*.
D.M. 26 febbraio 2004 *"Definizione di una prima lista di valori limite indicativi di esposizione professionale agli agenti chimici"*.
D.M. 3 novembre *2004* *"Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio"*.
D.Lgs.19 agosto 2005, n. 187 *"Attuazione della direttiva 2002/44/Ce sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche"*.
D.Lgs. 25 luglio 2006, n. 257 *"Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro"*

B.3 La normativa specifica sul trattamento meccanico biologico
La regolamentazione in materia di produzione e impiego dei rifiuti biodegradabili sottoposti a trattamento biologico è affidata, ad oggi, ai diversi Stati Membri, non essendo stata emanata alcuna direttiva in materia di qualità del compost atta ad armonizzare le normative nazionali. Il recupero della frazione biodegradabile dei rifiuti al fine di ridurre i quantitativi avviati a smaltimento, riveste un ruolo primario per attuare quanto previsto dalla strategia europea in materia di rifiuti. La direttiva 1999/31/CE in materia di discariche introduce, inoltre, specifici obiettivi di riduzione dei rifiuti organici da avviare allo smaltimento in discarica.
A livello di Commissione Europea tale problema è ben presente, tanto che sono stati avviati i lavori per pervenire ad uno strumento normativo comune relativo alla gestione dei rifiuti organici biodegradabili che ha comportato l'elaborazione, da parte della DG Ambiente, di un documento di lavoro portato alla discussione con gli Stati Membri (seconda bozza del 12 febbraio 2001). Tale documento introduce disposizioni atte a regolamentare in maniera

completa le attività di compostaggio e digestione anaerobica individuando la lista positiva dei rifiuti biodegradabili ammessi al trattamento biologico (allegato 1), i requisiti relativi all'igienizzazione in termini di validazione del processo (allegato 2), le classi di qualità del compost digestato e dei rifiuti biostabilizzati (allegato 3), i metodi di analisi e campionamento dei rifiuti trattati biologicamente (allegato 4), i requisiti generali degli impianti di trattamento biologico (localizzazione, trattamento delle acque reflue e del percolato, controllo degli odori- allegato V) e i requisiti per l'utilizzazione del biogas.
La deliberazione 27 luglio 1984 pone forti limitazioni all'uso del prodotto in relazione al contenuto di metalli pesanti rapportato a quello dei terreni ricettori, alle caratteristiche agronomiche e all'accettabilità ai fini della tutela ambientale.
Per il compost da rifiuti indifferenziati un impiego di elezione può essere rappresentato, piuttosto, dalla destinazione ad attività paesistico ambientali, per le quali viene richiesta la disponibilità di sostanza organica stabilizzata al fine di migliorare le caratteristiche dei materiali inerti impiegati. Tra queste:

- la sistemazione di aree di rispetto di autostrade e ferrovie (scarpate, argini, terrapieni);
- la costituzione di aree verdi di grandi dimensioni: costituzione di parchi pubblici, campi da golf, campi da calcio;
- il recupero ambientale di cave esaurite;
- il ripristino ambientale di aree inquinate;
- capping periodico durante la coltivazione delle discariche;
- la sistemazione post chiusura di discariche esaurite.

A livello nazionale è stato predisposto uno schema di decreto ministeriale relativo al trattamento biologico dei rifiuti; in linea con gli orientamenti comunitari, esso individua una serie di disposizioni in merito ai requisiti tecnici degli impianti di trattamento biologico, alle condizioni per l'igienizzazione (che ricalcano quelle previste dal Documento di lavoro della DG Ambiente della Commissione Europea), alle caratteristiche dei rifiuti ammessi alla produzione di compost e biostabilizzato aerobico ed anaerobico, alle modalità di utilizzo dei materiali prodotti dal trattamento ed alla frequenza e metodiche di campionamento ed analisi.

C. RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE SPECIFICITA' DEL TESSUTO INDUSTRIALE NAZIONALE

C.1 Dati sulla quantità dei rifiuti trattati

I dati relativi al numero degli impianti e alle relative quantità trattate sono oggetto di puntuali censimenti effettuati dall'Agenzia per la Protezione dell'ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) e pubblicati nei Rapporti annuali sui rifiuti.

C.2 La digestione anaerobica in Italia

Nel corso degli ultimi dieci anni la digestione anaerobica si è diffusa in molti Paesi europei, tra cui anche l'Italia.
Questi impianti vengono realizzati non solo allo scopo di recuperare energia rinnovabile, sotto forma di biogas, ma anche di controllare le emissioni osmogene e di stabilizzare le biomasse prima del loro utilizzo agronomico. Da un censimento condotto nel 1999 sono risultati già operativi circa quaranta di questi impianti. Le informazioni raccolte dalle Ditte che producono questo genere di impianti hanno evidenziato che dal 1999 al 2002 sono stati realizzati altri 30 impianti.

C.3 Numero del personale impiegato

Nella **tabella 1** sono riportati i dati forniti dal Consorzio Italiano Compostatori (CIC) sul fatturato annuo delle aziende che hanno impianti di Trattamento Meccanico Biologico Aerobico (2001).

Tabella 1: Fatturato annuo di aziende con impianti di TMB

Trattamento	Impianti	Fatturato (mln €)	Valore impianti (mln €)	n° addetti	Fatturato annuo per u.l. (000 €)
FO da RU da selez. meccanica	38	1.672,8	1.780,7	675	2478,5

C.4 Dati macroeconomici

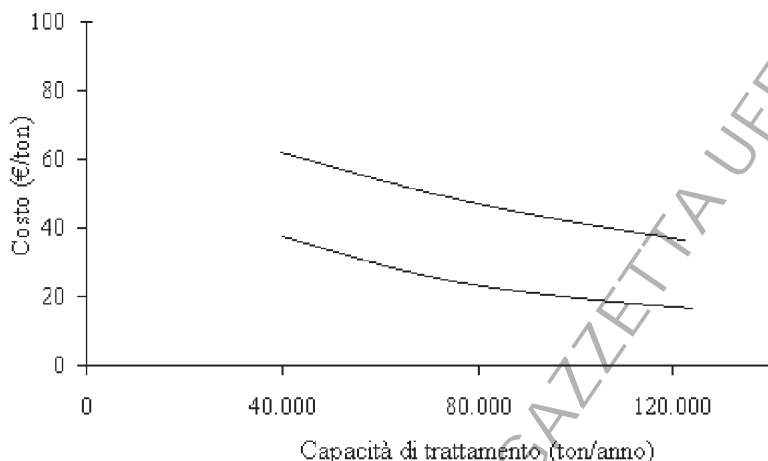
Sulla base dell'esperienza di aziende operanti nel settore dei trattamenti aerobici, sono state tratte indicazioni sui costi specifici di trattamento in rapporto alle dimensioni degli impianti.
Relativamente agli impianti di trattamento di matrici ad alta putrescibilità, in **figura** 1 sono rappresentati i costi relativi agli impianti di stabilizzazione/bioessiccazione e di compostaggio da rifiuti urbani.

Nota: I calcoli tengono conto dei costi di investimento (ammortamento in 12 anni al 4% di interesse) e di gestione (personale, manutenzione impianto, consumi).

Figura 1: Stabilizzazione/bioessiccazione e compostaggio da rifiuti urbani. Andamento del costo specifico di trattamento per tonnellata di rifiuti trattati al variare della taglia dell'impianto. Le due linee rappresentano i costi minimi e massimi rilevati

C.5 Impatto ambientale del settore

In linea di principio l'attività di trattamento dei rifiuti ai fini del recupero di materiali e di energia permette di diminuire l'estrazione di materie prime minerali, il consumo di prodotti finiti e di combustibili. La prevenzione della produzione e il riciclo dei rifiuti fanno, quindi, parte di una strategia di gestione dei rifiuti che la Comunità Europea intende adottare nel prossimo futuro (v. Comunicazione della Commissione del 21 dicembre 2005: "Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"- Com(2005) 666 definitivo.). Si procede, infatti, nel presupposto che il bilancio ambientale complessivo sia positivo, anche se la stessa Comunità Europea indica come necessaria la verifica con metodologie del tipo L.C.A. delle attività di recupero e riciclaggio, sottolineando la necessità di adottare tecnologie che assicurino un'elevata efficienza di recupero ed effettivo riciclaggio.
La valutazione di impatto ambientale rappresenta un valido strumento tecnico - amministrativo per valutare gli effetti sull'ambiente che la progettazione, la realizzazione e l'esercizio di tale opera determineranno e per individuare quali misure compensative devono essere adottate per ridurre al minimo i potenziali impatti negativi.

Se si analizzano gli impatti dovuti al trattamento biologico dei rifiuti si devono considerare:

- emissioni/impatti odorigeni generati soprattutto dalle fasi di ricezione delle materie prime, stoccaggio pretrattamento e delle prime fasi di bioconversione;
- le emissioni di rumori, che possono essere importanti quando si usano macchine per riduzione volumetrica (trituratori, mulini, vagli)
- produzione polveri e particolato fine (polveri dotate di reattività biologica-bioparticolato, endotossine – tossine prodotte all'interno delle cellule di alcuni microrganismi e rilasciate a seguito degli involucri cellulari)
- consumi energetici
- consumi idrici per la conduzione del processo
- inserimento territoriale e paesaggistico

D. DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI PRODUZIONE, E DEGLI IMPIANTI PER I QUALI SONO ANALIZZATE LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

D.1 Il Trattamento Meccanico Biologico (TMB)

Il Trattamento Meccanico Biologico (TMB) consta di due fasi ben differenziate:

- il trattamento meccanico (pre e/o post trattamento del rifiuto) il rifiuto viene vagliato per separare le diverse frazioni merceologiche e/o condizionato per raggiungere gli obiettivi di processo o le performances di prodotto;
- il trattamento biologico processo biologico volto a conseguire la mineralizzazione delle componenti organiche maggiormente degradabili (stabilizzazione) e la igienizzazione per pastorizzazione del prodotto.

Gli scopi dei trattamenti biologici sono quindi:

a) raggiungere la stabilizzazione della sostanza organica (ossia la perdita di fermentescibilità) mediante la mineralizzazione delle componenti organiche più facilmente degradabili, con produzione finale di acqua ed anidride carbonica e loro allontanamento dal sistema biochimico;

b) conseguire la igienizzazione della massa; debellando i fitopatogeni presenti nei residui vegetali, nonché i patogeni umani veicolati presenti nei materiali di scarto (es.: fanghi civili);

c) ridurre il volume e la massa dei materiali trattati.

Attualmente in Italia ed in Europa si possono identificare due tipologie di trattamento meccanico biologico della frazioni residue:

- trattamento a differenziazione di flussi: trattamenti meccanico-biologici in cui un pretrattamento meccanico del rifiuto in ingresso all'impianto, permette di ottenere una frazione "organica" (frazione sottovaglio; Ø < 50 - 90 mm) da destinarsi a trattamento biologico e di una frazione secca (sovvallo Ø > 50 - 90 mm) da destinarsi, alla valorizzazione energetica o in discarica;
- trattamento a flusso unico: trattamenti meccanico-biologici in cui tutto il rifiuto in ingresso all'impianto subisce un trattamento biologico, mentre il trattamento meccanico si limita ad una semplice frantumazione del rifiuto.

D.1.1 Biostabilizzazione

La biostabilizzazione è un trattamento conosciuto come trattamento meccanico-biologico, noto anche come MBT (Mechanical Biological Treatment) ed è attualmente tra i più diffusi in Europa ed in particolare in Germania.
L'obiettivo del sistema MBT è ottenere, inseguito alla biossidazione della sostanza organica putrescibile, un prodotto stabile da un punto di vista biologico, tale da potersi ritenere "inerte".
La stabilità biologica viene raggiunta, come prima evidenziato, attraverso un trattamento a "differenziazione di flussi", in cui si individuano tre tappe distinte (Figura 2):

- *pre-trattamento meccanico*: volto a separare la cosiddetta frazione "secca" (sovvallo) dalla frazione umida (sottovaglio) che concentra in sé il materiale organico;
- *stabilizzazione della frazione umida*: in seguito a processi ossidativi da parte di microrganismi, mediante il periodico rivoltamento, aerazione e bagnatura della massa,

allo scopo di ottenere un prodotto il più possibile stabile da un punto di vista biologico;

- eventuale *post-trattamento meccanico*: per la raffinazione del materiale da destinare all'attività di ripristino ambientale o alla copertura giornaliera di discariche;

Un'alternativa al trattamento a "separazione di flussi" è data da quello a "flusso unico", dove tutto il rifiuto in ingresso all'impianto subisce un trattamento biologico, mentre il trattamento meccanico si limita ad una semplice frantumazione del rifiuto.

In figura 2 è descritto il processo di biostabilizzazione ed i relativi bilanci di massa.
La stabilità biologica può anche essere raggiunta con un processo "a flusso unico" descritto in figura 3.

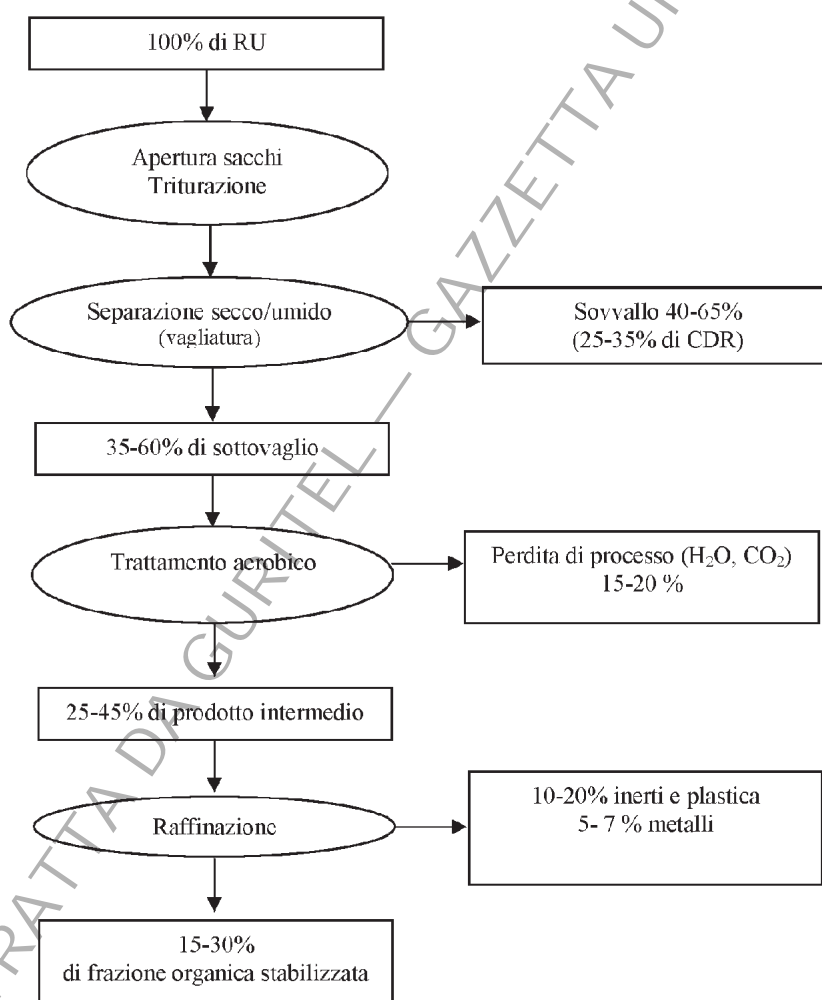



Figura 2: *Biostabilizzazione (MBT): schema di processo e bilancio di massa con metodo a separazione di flusso*

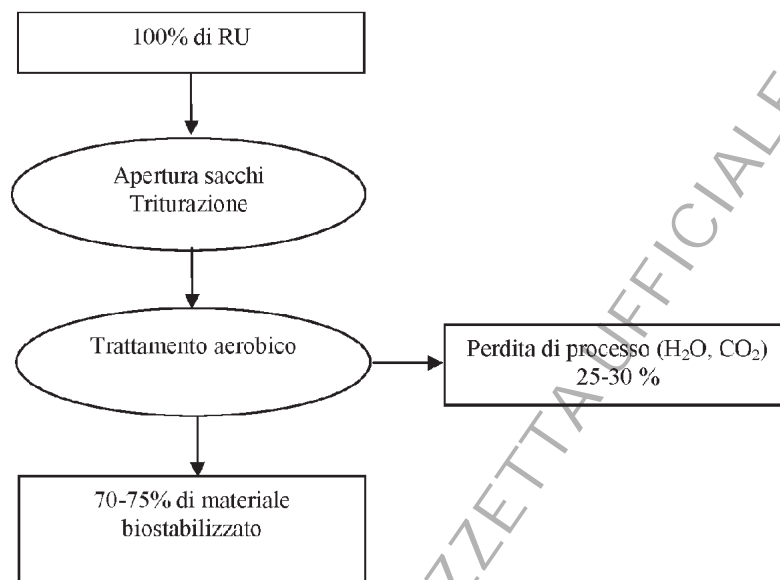



Figura 3: *Biostabilizzazione (MBT): schema di processo e bilancio di massa con metodo a flusso unico*

D.1.2 Bioessiccazione

Il processo di bioessiccamento per la gestione dei rifiuti è noto in letteratura con la definizione di *Mechanical-Biological and Stabilate Method* (MBS) (Wiemer e Kern, 1996), tale processo ha lo scopo primario di ridurre l'umidità del rifiuto a seguito di una fase di biossidazione della sostanza organca.

Questo processo ha due obiettivi fondamentali:

1. assicurare la stabilità biologica dei rifiuti per lo stoccaggio a lungo termine, in modo tale da ridurre od eventualmente annullare emissioni maleodoranti di gas e polveri, ed igienizzare il rifiuto;
2. produrre un buon substrato per la termoutilizzazione (elevato potere calorifico).

Il carbonio contenuto nei rifiuti rappresenta il potenziale energetico; è quindi auspicabile ridurre al massimo la decomposizione della sostanza organica al fine di mantenere elevato il potere calorifico. La stabilizzazione del rifiuto avviene tramite la riduzione del contenuto percentuale di umidità fino a valori del 7-15 % (in funzione dell'umidità iniziale); in tali condizioni ogni attività biologica è soppressa e non si ha degradazione.

Il bioessiccamento viene raggiunto attraverso due stadi principali:

- triturazione meccanica blanda del rifiuto tal quale, per aumentarne la superficie di evaporazione e di scambio della massa, ottenendo così un'accelerazione dei processi di bioessiccamento;

- trattamento biologico della matrice precedentemente triturata. Questo stadio avviene a mezzo di aerazione forzata della biomassa, sfruttando il calore sviluppato dalle reazioni biologiche aerobiche. Il prodotto finale bioessiccato, ottenuta a seguito di una fase di raffinazione, dotato di buon potere calorifico, può essere utilizzato, come combustibile (CDR) in impianti di termoutilizzazione, dove si sfrutta il calore prodotto dalla combustione per il riscaldamento delle abitazioni o lo si converte in altre forme di energia.

Lo schema seguente (figura 4) mostra il processo di bioessiccazione con i relativi bilanci di massa.

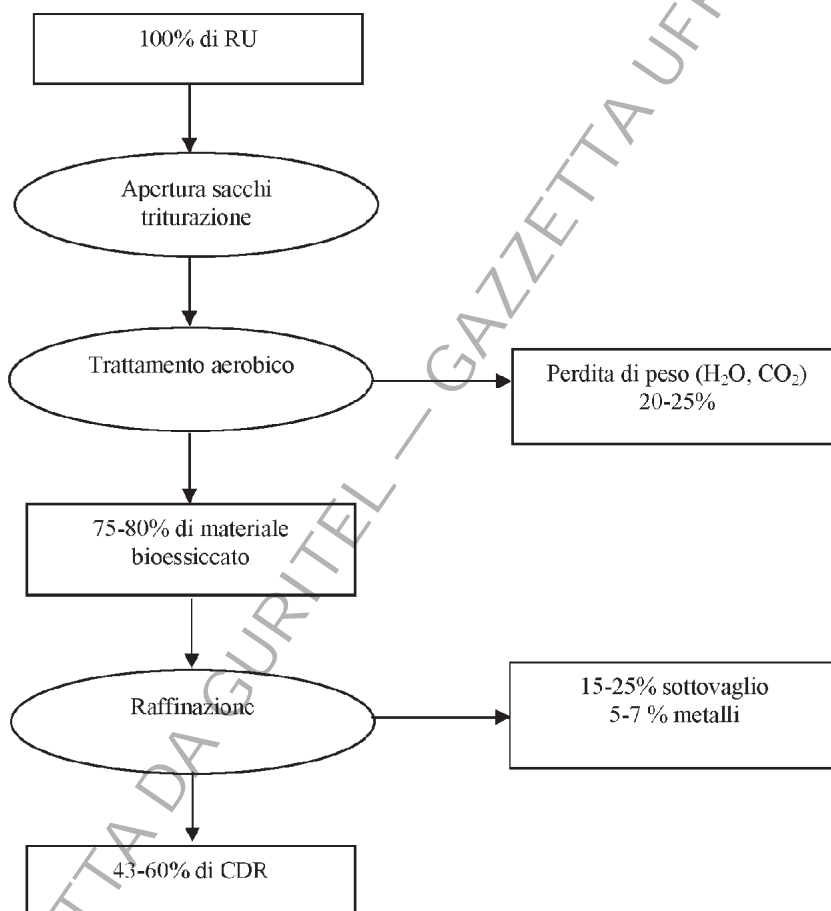



Figura 4: *Bioessiccazione (MBS): schema di processo e bilancio di massa.(Linee Guida CITEC)*

D.1.3 I fondamenti del processo di biotrasformazione

Una serie di fattori fisico-chimici ed edafici (cioè attinenti alle specifiche caratteristiche del substrato) condiziona l'andamento delle reazioni biologiche che caratterizzano il processo di biotrasformazione, e vanno presi in considerazione per una rigorosa gestione del processo sono:

- la concentrazione di ossigeno e l'aerazione;
- la ricerca delle condizioni termometriche ottimali nelle diverse fasi del processo, infatti se per il conseguimento della pastorizzazione il materiale va mantenuto per un tempo relativamente prolungato a temperature relativamente elevate (almeno 3 giorni a 55°C, secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia), la massima velocità delle attività microbiche si consegue, in realtà, successivamente in condizioni mesofite (40-50°C) con un forte rallentamento al di sopra dei 55°C;
- l'umidità, che deve essere sufficiente alle attività microbiche, ma non eccessiva in quanto occupando gli spazi vuoti ostacolerebbe il rifornimento di ossigeno;
- gestione, controllo ed abbattimento dei potenziali impatti odorigeni delle fasi critiche, individuabili soprattutto in quelle iniziali.

Lo strumento principale di gestione del processo è rappresentato dalla areazione della biomassa, che può essere naturale (per diffusione) o forzata. L'aria fa da vettore di ossigeno, garantendo l'aerobiosi del processo; contemporaneamente assicura il drenaggio di calore (soprattutto nel caso dell'areazione forzata, le deboli correnti convettive che si hanno nel caso dell'areazione naturale danno un contributo limitato alla termoregolazione), e consente, dunque, il controllo termico delle condizioni di processo, evitando il sovrariscaldamento della biomassa; infine, diventa inevitabilmente il vettore degli effluenti aeriformi potenzialmente odorigeni. Senza una sufficiente ossigenazione, la biomassa substrato diventa anossica e la microflora microbica anaerobica prende il sopravvento, portando all'accumulo di composti ridotti caratterizzati da odore aggressivo ed elevata fitotossicità; la canalizzazione delle arie esauste ne consente il trattamento con le tecnologie specifiche di abbattimento e/o dispersione degli odori.

Il mantenimento di un ambiente ossidativo all'interno della biomassa, in corso di stabilizzazione, è quindi importante anche per impedire le reazioni di decomposizione anaerobica.

Il sistema di areazione, naturale o forzata, deve poi essere coordinato con la eventuale movimentazione/rivoltamento della biomassa a seconda delle principali caratteristiche della biomassa stessa, quali la sua altezza, porosità e fermentescibilità; il rivoltamento inteso a ricostruire nella massa il grado di strutturazione necessaria alla diffusione dell'aria, dovrà essere tanto più frequente quanto minore è la percentuale di materiale di struttura nella miscela di partenza, e quanto maggiore risulta l'altezza dello strato di biomassa.

D.2 La digestione anaerobica

Con il termine digestione anaerobica si intende il processo biologico di stabilizzazione (riduzione del contenuto di carbonio o C/N) di un substrato organico putrescibile condotto in uno o più reattori controllati in assenza di ossigeno attraverso idrolisi, metanogenesi e acidogenesi.

Lo scopo del processo è quello di ottenere una stabilizzazione del rifiuto, intesa come riduzione almeno del 50% della frazione volatile, con conseguente riduzione del rapporto C/N e contemporaneamente un recupero energetico del biogas prodotto. Infatti, la degradazione biologica della sostanza organica in condizione di anaerobiosi (in assenza, cioè, di ossigeno molecolare, come O_2, o legato ad altri elementi, come nel caso dell'azoto nitrico, NO_3^-),

determina la formazione di diversi prodotti, i più abbondanti dei quali sono due gas: il metano ed il biossido di carbonio. Qualora si considerino substrati organici complessi, si possono ottenere ulteriori prodotti del processo degradativo anaerobico, tra quelli di maggior rilievo, troviamo l'ammoniaca derivante dalla degradazione delle proteine.
La degradazione biologica coinvolge diversi gruppi microbici interagenti tra loro: i batteri idrolitici, i batteri acidificanti (acetogeni ed omoacetogeni) ed infine, i batteri metanogeni, quelli cioè che producono metano e CO_2, con prevalenza del gas di interesse energetico, che rappresenta circa i 2/3 del biogas prodotto. I batteri metanogeni occupano, quindi, solo la posizione finale della catena trofica anaerobica. Il metano, poco solubile in acqua, passa praticamente nella fase gassosa, mentre la CO_2 si ripartisce nella fase gassosa e nella fase liquida.
I processi anaerobici controllati possono essere suddivisi secondo i criteri riportati nello schema seguente.

Tabella 2: I diversi processi anaerobici

CRITERI	CARATTERISTICHE
Regime termico	Psicrofilia (20°C), poco utilizzato
	Mesofilia(35-37°C)
	Termofilia (55°C ed oltre)
Contenuto di solidi in reattore	Processo umido (5-10% ST)
	Processo semi secco (ST reattore=10-20%)
	Processo secco (ST reattore> 20%)
Fasi biologiche	Unica (l'intera catena microbica mantenuta in singolo reattore)
	Separate (fase idrolitica e fermentativa sono separate da quella metanogenica)

D.2.1 Le fasi del processo di digestione anaerobica

La conversione di substrati organici complessi in metano avviene, come accennato, attraverso una catena trofica anaerobica. Ad essa partecipano almeno tre gruppi metabolici distinti di microrganismi che si differenziano sia per i substrati, che per i prodotti del loro metabolismo. Nel corso del processo biodegradativo si hanno in particolare tre stadi: una prima fase di idrolisi dei substrati complessi accompagnata da acidificazione con formazione di acidi grassi volatili, chetoni ed alcoli; una seconda fase acetogenica, in cui, a partire dagli acidi grassi, si ha la formazione di acido acetico, acido formico, biossido di carbonio ed idrogeno molecolare ed, infine, una terza fase in cui, a partire dai prodotti della fase precedente, si osserva la metanizzazione, cioè la formazione di metano a partire dall'acido acetico o attraverso la riduzione del biossido di carbonio utilizzando l'idrogeno come co-substrato. In minor misura si ha la formazione di metano a partire dall'acido formico.
Il processo di digestione anaerobica é schematicamente illustrato in figura 5, mentre l'insieme dei principali processi coinvolti nelle diverse fasi della digestione anaerobica e le diverse relazioni che intercorrono tra i gruppi di batteri sono riportate in figura 6. Le varie fasi del processo illustrate in figura 5 e 6 sono di seguito discusse con maggior dettaglio.

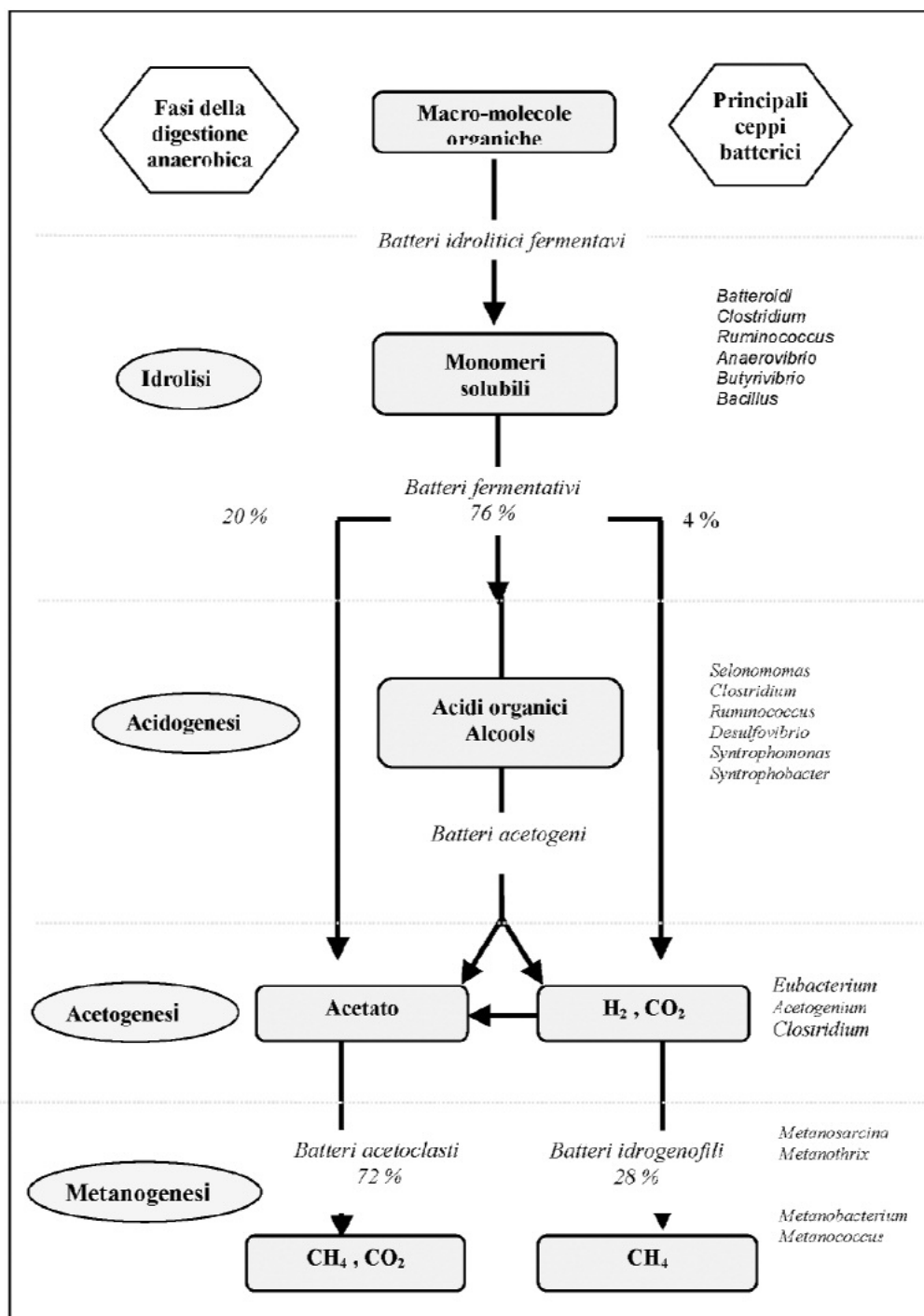



Figura 5: Schema generale del processo di digestione anaerobica

Idrolisi ed acidificazione

In questa prima fase, per intervento di diversi gruppi batterici, si ha la degradazione di substrati organici complessi particolati o solubili, quali proteine, grassi e carboidrati, con formazione di composti semplici, quali aminoacidi, acidi grassi e monosaccaridi in forma solubile (fig. 6). In particolare, i microrganismi idrolizzanti possono colonizzare il materiale particolato e degradarlo, oppure produrre enzimi extracellulari in grado di scindere le molecole organiche complesse in oligomeri e monomeri che sono quindi resi disponibili per il trasporto all'interno delle cellule di microrganismi acidogenici fermentanti. Questi operano generalmente l'ossidazione dei substrati organici semplici a piruvato che viene poi trasformato in acidi grassi volatili, alcoli e chetoni che rappresentano i substrati di partenza per la successiva fase acetogenica.

Il processo idrolitico può essere inibito dall'accumulo di aminoacidi e zuccheri a causa dell'interferenza nella produzione ed attività degli enzimi idrolitici.

Contestualmente all'idrolisi del materiale organico complesso, particolato o solubile, avviene il processo fermentativo acidogenico in cui i batteri fermentativi degradano i monomeri ed oligomeri organici, zuccheri, acidi grassi ed aminoacidi, producendo acidi grassi volatili, per lo più a catena corta quali il propionato ed il butirrato.

Dalla fermentazione degli aminoacidi viene inoltre prodotto ammonio. In generale il processo idrolitico non implica la crescita di microrganismi.

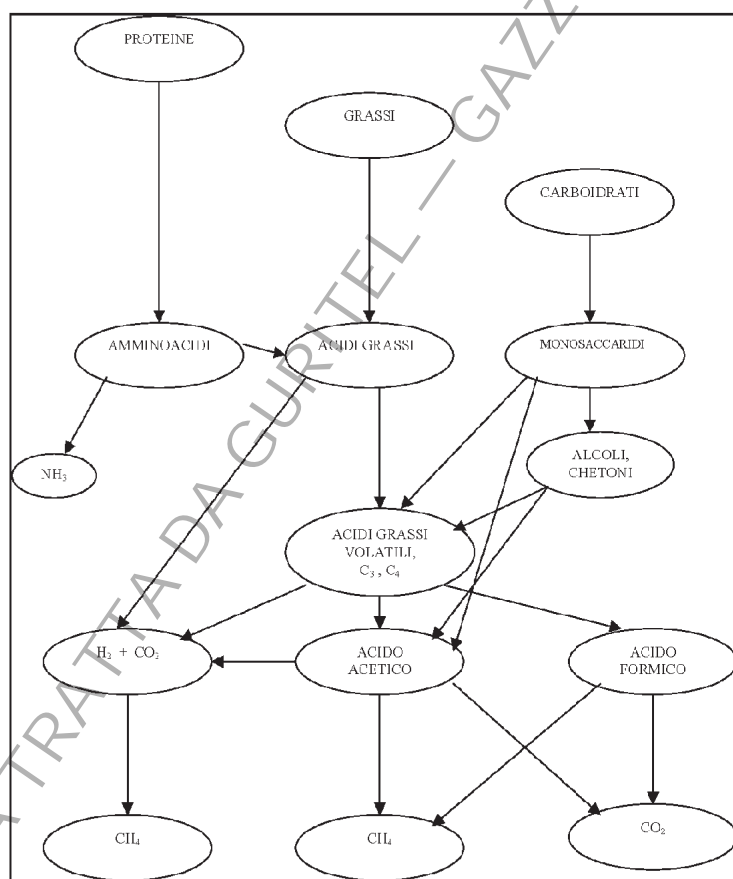



Figura 6: Diagramma complesso delle diverse fasi coinvolte nel processo di digestione anaerobica.

Acetogenesi

A partire dai substrati formatisi nel corso della fase di idrolisi ed acidificazione (acidi volatili, essenzialmente propionato e butirrato, ma anche alcoli) i batteri acetogeni producono acido acetico, acido formico, CO_2 ed H_2. Angelidaki et al. (1998) hanno riportato che due differenti meccanismi devono essere considerati a seconda che la degradazione avvenga a partire da acidi grassi a catena lunga (LCFA, long chain fatty acids) o a catena corta (SCFA, short chain fatty acids, o VFA, volatile fatty acids). In generale, si definiscono acidi grassi a catena lunga quelli con più di 5 atomi di carbonio.
Durante la produzione di acido acetico la presenza di idrogeno molecolare nel mezzo può determinare problemi di inibizione. Se però l'H_2 viene mantenuto a basse concentrazioni, grazie all'attività dei batteri metanigeni - H_2 ossidanti (idrogenotrofi), la degradazione degli acidi grassi ad H_2 ad opera dei batteri acetogeni è resa più probabile, nonostante la formazione di H_2 sia energeticamente sfavorita.

Metanogenesi

La produzione di metano rappresenta la conclusione della catena trofica anaerobica. Il metano infatti è l'unico composto non reattivo nell'intero processo di digestione anaerobica e può, pertanto, essere considerato il prodotto finale dell'intero processo. La produzione del metano può avvenire essenzialmente attraverso due differenti vie di reazioni: una via prevede la metanogenesi ad opera dei batteri idrogenotrofi, che operano l'ossidazione anaerobica dell'idrogeno, mentre la seconda via, la cosiddetta via acetoclastica, prevede la dismutazione anaerobica dell'acido acetico con formazione di metano e biossido di carbonio (figura 6). La maggior parte della produzione di metano avviene attraverso questo secondo meccanismo. La figura 7 quantifica percentualmente la distribuzione nei diversi cammini metabolici coinvolti nel processo di digestione.

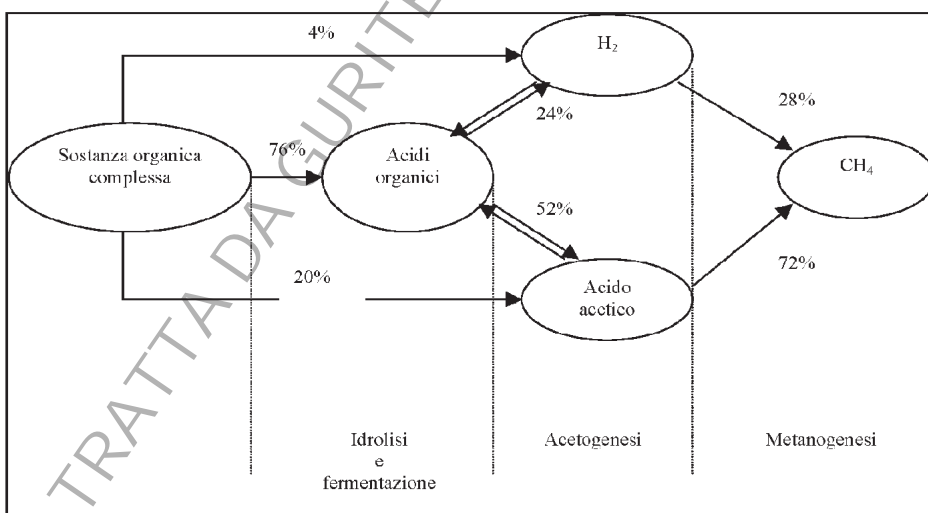



Figura 7: Schema di flusso quantitativo dei diversi cammini metabolici del processo di digestione anaerobica (Metcalf e Eddy, 1991)

Con la loro attività i due ceppi di batteri metanogeni svolgono due importanti funzioni nell'ambito della catena trofica anaerobica: da un lato degradano l'acido acetico e quello

formico a CH_4 eliminando gli acidi dal mezzo ed impedendo quindi l'inibizione dei fenomeni di degradazione di substrati organici per eccesso di acidità, e dall'altra mantengono la concentrazione di H_2 a bassi livelli così da consentire la conversione degli acidi grassi a catena lunga e degli alcoli ad acetato ed H_2. Infatti, se la via idrogenotrofa è rallentata si osserva un accumulo di H_2 nel mezzo che inibisce la produzione del metano, mentre la via acetoclastica può subire fenomeni di inibizione da substrato in presenza di elevate concentrazioni di acido acetico.
Il più importante dei fattori che controllano la possibilità di utilizzo dell'acetato da parte dei batteri metanogeni è rappresentato dalla forma chimica con cui tale substrato è presente nel mezzo. In particolare si ha che, se presente in forma indissociata (CH_3COOH), l'acido acetico può attraversare la membrana batterica e risultare quindi utilizzabile (questo fenomeno è favorito in un intervallo di pH piuttosto ristretto, generalmente compreso tra 6 ed 8). A più elevati valori di pH nel mezzo, l'acido acetico è presente per lo più nella forma dissociata (CH_3COO^-): ne deriva che la concentrazione della forma indissociata nel mezzo non è sufficiente a garantire un gradiente di concentrazione tale da consentire il trasporto trans-membrana del metabolita. Nel caso di ambienti caratterizzati da pH relativamente bassi (inferiori a 5), si ha una elevata concentrazione di acido indissociato che attraversa la membrana cellulare e la concentrazione dell'acido acetico può risultare superiore alle capacità di metabolizzazione cellulare con conseguente inibizione da eccesso di substrato.

D.2.2 I diversi processi di digestione anaerobica

I processi anaerobici possono essere suddivisi in base al numero di fasi presenti nel processo (una o due), regime termico del reattore (mesofilia o termofilia), tipo di rifiuto trattato, tenore di solidi nel rifiuto.
Nella classificazione dei differenti processi, inizialmente si possono distinguere processi ad una o a due fasi, successivamente, nell'ambito di queste classi si sono individuati i differenti processi applicati su scala industriale distinguibili in base alla concentrazione di solidi che caratterizza il rifiuto organico trattato distinguendo:

- processi wet (concentrazione di solidi sino al 10%)
- processi semi-dry (concentrazione di solidi compresa tra 10-20%)
- processi dry (concentrazioni di solidi superiori al 20% fino al 40%).

D.2.2.1 Processi di digestione a fase unica

I diversi processi a fase unica di digestione anaerobica della frazione organica dei rifiuti vengono distinti in base al tenore di solidi che caratterizza il rifiuto trattato.

Digestione wet

Questo processo è stato il primo ad essere utilizzato nel trattamento della frazione organica dei rifiuti urbani dal momento che sfruttava le conoscenze acquisite in decenni di attività nel processo di digestione anaerobica dei fanghi di supero negli impianti di trattamento acque reflue. Nei processi di tipo wet il rifiuto di partenza viene opportunamente trattato e diluito al fine di raggiungere un tenore in solidi totali inferiore al 10%, attraverso il ricorso a diluizione con acqua così da poter poi utilizzare un classico reattore completamente miscelato del tipo applicato nella stabilizzazione dei fanghi biologici negli impianti di depurazione. In generale, il processo prevede, dopo la fase di pre-trattamento del rifiuto, finalizzata alla rimozione di plastiche ed inerti e di corpi grossolani che potrebbero danneggiare gli organi meccanici del reattore, uno stadio di miscelazione in cui si ottiene una miscela con caratteristiche omogenee

e un opportuno contenuto in solidi. La diluizione può avvenire tramite aggiunta di acqua di rete o dal parziale ricircolo dell'effluente del reattore.
La figura 8 riporta un tipico schema di processo ad umido.

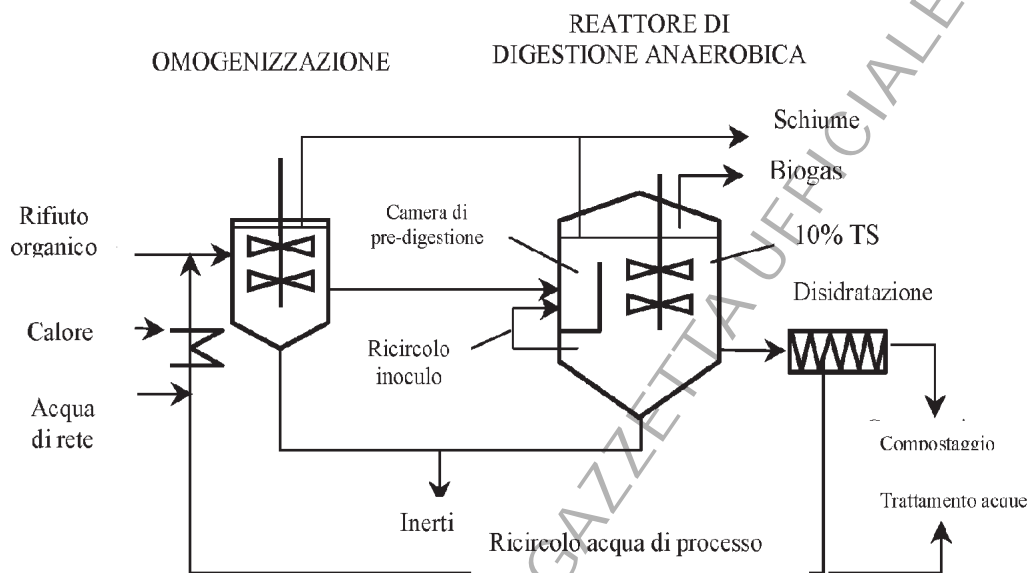



Figura 8: Schema di processo wet a fase singola

A causa delle caratteristiche fisiche dei rifiuti trattati non è solitamente possibile ottenere una miscela omogenea e pertanto si osserveranno all'interno del reattore tre fasi separate, caratterizzate da distinte densità. La frazione più pesante tenderà ad accumularsi sul fondo del reattore e può determinare danni nel sistema di miscelazione se il rifiuto trattato non è sufficientemente pulito, mentre materiali leggeri e schiume si accumulano nella parte superiore del reattore. La fase a densità intermedia è quella in cui avvengono, per lo più, le effettive reazioni di degradazione e produzione del biogas. Nella gestione dell'impianto sono generalmente previste saltuarie rimozioni sia dello strato più pesante, presente sul fondo del reattore, che di quello leggero. Uno dei problemi, che può essere connesso con la digestione anaerobica ad umido, consiste nella corto-circuitazione idraulica del reattore cioè, il flusso di materiale entrante, non perfettamente miscelato con il materiale già presente nel reattore, fuoriesce con tempi di ritenzione ridotti rispetto a quelli previsti da progetto. Ciò, oltre a determinare una minore degradazione del substrato trattato, e quindi una minor produzione di biogas, può determinare problemi di igienizzazione dei fanghi effluenti. Per questo motivo alcuni brevetti prevedono uno step di pastorizzazione dell'effluente dal reattore di digestione.
I tipici vantaggi e svantaggi dei processi di digestione ad umido, evidenziati in anni di applicazione, sia dal punto di vista tecnologico, biologico che economico/ambientale, sono riportati in tabella 3.

Tabella 3: Vantaggi e svantaggi del processo wet

Criterio	Vantaggi	Svantaggi
Tecnologico	Buona conoscenza ed esperienza nel campo del processo; Applicabilità in co-digestione con rifiuti liquidi ad alto contenuto in sostanza organica.	- Corto-circuitazione idraulica; - Fasi separate di materiale galleggiante e pesante; - Abrasione delle parti meccaniche dovuta alla presenza di sabbie ed inerti; - Pre-trattamenti di preparazione del rifiuto complessi;
Biologico	Diluizione dei picchi di concentrazione di substrato e/o sostanze tossiche influenti il reattore	- Forte sensibilità ad eventuali shock per la presenza di sostanze inibitorie e carichi organici variabili che entrano in contatto intimo con la biomassa; - Perdita di sostanza volatile biodegradabile nel corso dei pre-trattamenti;
Economico ed ambientale	Spese ridotte per i sistemi di pompaggio e miscelazione, ampiamente diffusi sul mercato.	- Elevati costi di investimento a causa degli equipaggiamenti utilizzati per i: - pre-trattamenti - volumi dei reattori; - produzione di elevate quantità di acque di processo.

Digestione semi - dry

Nella digestione semi - dry il contenuto di sostanza solida che caratterizza il rifiuto trattato si pone nell'intervallo intermedio rispetto ai processi wet e dry; opera, infatti, con rifiuti con un contenuto in solidi del 10-20%. Dal punto di vista impiantistico la soluzione adottata è quella di un reattore miscelato (CSTR) che può operare tanto in regime mesofilo che termofilo. Il rifiuto organico proveniente da raccolta differenziata presenta caratteristiche che sono generalmente ottimali per l'applicazione diretta del processo, ricorrendo solamente a semplici pre-trattamenti di pulizia del rifiuto con eliminazione del materiale ferroso e di quello inerte grossolano seguito da triturazione e miscelazione. Operando, invece, con rifiuti organici derivanti da raccolta indifferenziata con un elevato contenuto di sostanza solida, e derivanti dalla separazione meccanica dei rifiuti urbani indifferenziati, è necessario procedere ad un pre-trattamento di pulizia del rifiuto piuttosto spinto e poi ad una diluizione del rifiuto con acqua, che potrà essere, di volta in volta, acqua di processo riciclata, o acqua fresca.
Nel caso in cui un impianto tratti rifiuto indifferenziato sarà necessaria, ovviamente, una filiera di pre-trattamento per la separazione della frazione organica da inviare ai digestori anaerobici. Lo schema di pre-trattamento prevede diversi passaggi e può essere anche complesso. Ciò comporta, inevitabilmente, la perdita di parte del materiale organico biodegradabile, che può arrivare al 15-25% in termini di sostanza volatile.
La linea di pre-trattamento dovrà poi provvedere ad una opportuna purificazione del rifiuto in maniera da eliminare i rifiuti inerti quali metallo, sassi, vetro e sabbie che darebbero problemi agli organi di miscelazione nel reattore.
Anche in questo processo, come nei processi di tipo wet, si osserva la formazione di tre fasi distinte all'interno del reattore, anche se, in generale, il fenomeno è meno accentuato. Sarà comunque necessario prevedere, di tanto in tanto, lo svuotamento e la pulizia del fondo del reattore.
Il sistema di miscelazione è generalmente garantito da miscelatori meccanici che possono essere inoltre coadiuvati da lance a gas che provvedono a ricircolare il biogas prodotto per incrementare l'efficienza di miscelazione. Può essere, inoltre, previsto il ricircolo del materiale presente nel digestore inviato alla caldaia e poi reimmesso nei digestori. I principali vantaggi e svantaggi del processo semi-dry sono riportati in tabella 4.

Il principale vantaggio economico di questo tipo di processo consiste nella possibilità di ricorrere a mezzi di pompaggio e miscelazione ampiamente diffusi sul mercato e quindi disponibili a basso costo. Per contro, devono essere previsti maggiori costi di investimento per la fase di pre-trattamento, specialmente se il rifiuto viene conferito tal quale all'impianto. Le volumetrie del reattore sono minori rispetto ai sistemi wet, ma comunque, superiori a quelle dei sistemi dry. Complessivamente, quindi, i costi di investimento per i sistemi semi-dry e dry risultano confrontabili. Dal punto di vista ambientale un problema può essere dovuto all'acqua, eventualmente necessaria, per diluire rifiuti organici con concentrazioni di sostanza secca superiore al 20-25% TS. La necessità di aumentare i volumi trattati con acqua determina maggiori spese per il riscaldamento del flusso entrante e per il mantenimento del reattore alla temperatura desiderata. L'energia ed il calore prodotti dalla combustione del biogas sono, comunque, più che sufficienti all'autosostentamento energetico del reattore.

Tabella 4: *V*antaggi e svantaggi del processo semi dry

Criterio	Vantaggi	Svantaggi
Tecnologico	- Semplicità dei sistemi di pompaggio e miscelazione; - possibilità di trattare il rifiuto da raccolta differenziata senza particolari pre-trattamenti.	- Accumulo di materiali inerti sul fondo del reattore e necessità di scaricarli; - abrasione delle parti meccaniche; - pre-trattamenti complessi per RSU indifferenziato;
Biologico	- Diluizione dei picchi di concentrazione di substrato o sostanze tossiche;	- Sensibilità ad eventuali shock per la presenza di sostanze inibitorie e carichi organici; - perdita di sostanza volatile biodegradabile nel corso dei pre-trattamenti del rifiuto indifferenziato;
Economico ed ambientale	- Spese ridotte per sistemi di pompaggio e miscelazione.	- Elevati costi di investimento a causa degli equipaggiamenti utilizzati per i pre-trattamenti e per i volumi dei reattori; - produzione di elevate quantità di acque di processo.

Processo dry

Nel corso degli anni ottanta varie sperimentazioni dimostrarono come, oltre ai processi ed alle tecnologie di tipo wet e semi-dry, fosse possibile ricorrere a processi in cui il rifiuto organico veniva trattato nella sua forma originale, senza bisogno di diluizioni. Quindi, nell'ultimo decennio si è osservata la crescita del sistema dry, e le nuove realizzazioni sono oggi equamente ripartite tra queste due tecnologie, con prevalente crescita del processo dry.

Nei processi dry il tenore in solidi del rifiuto alimentato al digestore è generalmente nell'intervallo 25-40%, pertanto, solamente particolari rifiuti con elevato tenore di solidi (>50%) necessitano di essere diluiti con acqua per poter essere convenientemente trattati. Ciò non comporta significative variazioni dal punto di vista biochimico e microbiologico nel processo anaerobico, ma determina la necessità di una completa revisione dei metodi di trattamento per quanto concerne la tecnologia dei reattori. Sono, infatti, necessari particolari metodi di pompaggio e miscelazione. Infatti, a causa delle proprietà reologiche dei flussi trattati, il materiale organico viene trasportato con nastri e pompato con speciali pompe appositamente progettate per operare con flussi molto viscosi. Ciò incide sui costi di realizzazione di questo tipo di impianti. Questi sistemi sono in grado di operare con flussi di materiale molto concentrati e resistono ai possibili problemi causati da sassi, vetro o legno che non causano inceppamenti o danni. L'unico pre-trattamento richiesto è una preliminare vagliatura al fine di rimuovere il materiale con dimensioni superiori ai 40 mm. Ciò è ottenuto grazie a vagli a tamburo nel caso di rifiuto organico separato meccanicamente, e mediante trituratori nel caso di rifiuto organico raccolto separatamente alla fonte. Dal momento che i pre-trattamenti sono limitati non si osserva perdita di materiale organico biodegradabile, come

può invece avvenire nel corso dei pre-trattamenti per materiale da trattare con processi wet e semi-dry.
A causa della elevata densità e viscosità dei flussi trattati i reattori per il trattamento dry non sono del tipo completamente miscelato (CSTR), ma con flusso parzialmente o totalmente a pistone (plug-flow): ciò rende i reattori più semplici dal punto di vista meccanico, ma comporta problemi di miscelazione tra il rifiuto organico fresco e la biomassa fermentante. La risoluzione di questo problema è fondamentale per evitare fenomeni localizzati di sovraccarico organico ed eventuale acidificazione che porterebbe ad inibizione del processo metanigeno.
Il fatto di operare con flussi molto densi porta, inoltre, al superamento del problema della suddivisioni di tre fasi distinte all'interno del reattore, come poteva invece avvenire nei processi wet e semi-dry. Le principali tecnologie presenti sul mercato ed i processi adottati per questo tipo di rifiuti si differenziano essenzialmente per la fluidodinamica del reattore utilizzato. La figura 9 riporta alcune possibili soluzioni impiantistiche.

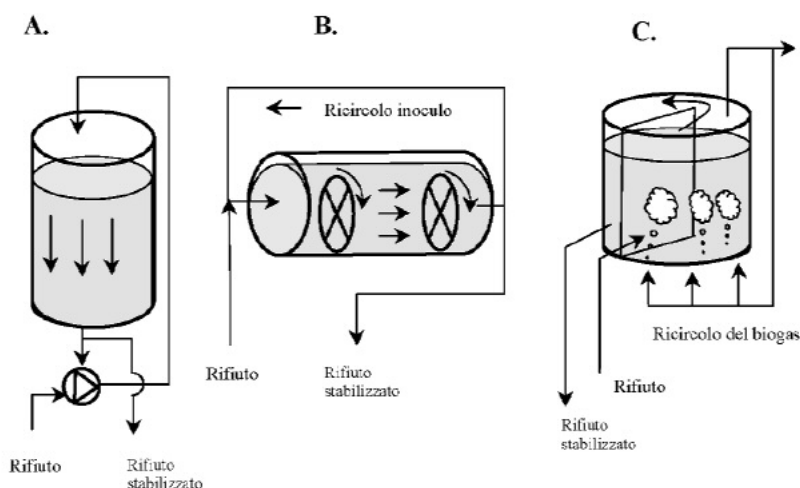



Figura 9: Differenti tipologie di reattore nei sistemi dry (A = processo Dranco; B = processo Kompogas; C = processo Valorga), in Lissens et al., 2001.

Nel processo Dranco la miscelazione tra rifiuto influente e biomassa avviene grazie al ricircolo dell'effluente estratto dal fondo dal digestore anaerobico che viene pompato nella parte superiore del reattore stesso; il tipico rapporto di ricircolo è una parte di rifiuto fresco per sei parti di effluente ricircolato. Questo tipo di processo ha dimostrato di operare con efficacia con rifiuti con un tenore in solidi nell'intervallo 20-50%.
Il processo Kompogas utilizza un reattore cilindrico in cui il flusso a pistone prosegue orizzontalmente. Il moto di avanzamento del materiale trattato è assistito da miscelatori a lenta rotazione posti internamente al reattore che omogeneizzano il materiale trattato, lo degasano, e risospendono il materiale inerte grossolano. Il sistema ha dimostrato di operare con buona efficienza quando il rifiuto trattato presenta concentrazioni in solidi del 25%, per valori inferiori si è osservata la tendenza all'accumulo di materiale inerte grossolano (sabbie e vetro) sul fondo del reattore, mentre, per concentrazioni maggiori, si osserva una eccessiva resistenza al flusso orizzontale del materiale all'interno del reattore.
Un altro processo dry, diffuso in centro Europa, è il processo Valorga. Anche in questo caso si ricorre a reattori di forma cilindrica in cui il flusso a pistone del materiale trattato è di tipo circolare e la miscelazione avviene grazie all'iniezione di biogas dal fondo del reattore attraverso una serie di iniettori ogni 15 minuti circa. La miscelazione sembra avvenire con

notevole efficacia dal momento che il ricircolo di parte dell'effluente si è dimostrato non necessario. D'altra parte gli iniettori di biogas, a causa della loro posizione, possono essere soggetti a problemi di intasamento. Come nel caso del processo Kompogas c'è la necessità di ricircolare l'acqua di processo al fine di raggiungere una concentrazione di sostanza solida del 30% nel rifiuto da trattare. Per contro, concentrazioni più basse, fino al 20% TS, determinerebbero seri problemi di accumulo di materiale inerte sul fondo del reattore.
Dal punto di vista economico si evidenzia come, nel caso dei processi di tipo dry, gli elevati costi di investimento iniziale sono dovuti alla necessità di dotarsi di sistemi di trasporto e pompaggio del rifiuto organico da trattare che siano particolarmente resistenti e tecnologicamente avanzati. Per contro, operando con rifiuti ad elevata concentrazione di sostanza solida, non sono necessari pre-trattamenti particolarmente raffinati ed i volumi dei reattori necessari sono ridotti: quindi le spese di costruzione dei reattori sono minori rispetto ai processi wet e semi-dry. La ridotta dimensione del reattore si ripercuote poi favorevolmente in fase di esercizio sul bilancio energetico del reattore, dal momento che è necessario riscaldare una minor quantità di rifiuto da trattare. Una differenza fondamentale tra i processi di tipo dry e quelli di tipo wet o semi-dry consiste nel ridotto utilizzo, nel caso di processi dry, di acqua per la diluizione dei rifiuti. Ne consegue che la quantità di acqua di scarico sarà ridotta. Alcuni autori riportano, inoltre, una migliore igienizzazione del prodotto finale nel caso di processi dry operanti in regime termofilo. I principali vantaggi e svantaggi dei processi dry sono riportati in tabella 5.
Al momento attuale non è chiaro quale tecnologia tra quelle wet, semi-dry e dry sia da preferirsi. Molto dipenderà probabilmente dalla capacità di queste tecnologie di ottenere ottime rese in termini di produzione di biogas e riduzione dei volumi di fanghi da smaltire, in relazione al tipo di rifiuto trattato (meccanicamente selezionato o raccolto in maniera differenziata) con un soddisfacente recupero di energia e calore riutilizzabili.

Tabella 5. Vantaggi e svantaggi dei processi dry (Vendervivere et al., 2001).

Criterio	Vantaggi	Svantaggi
Tecnologico	- Nessun bisogno di miscelatori interni al reattore; - robustezza e resistenza ad inerti pesanti e plastiche; - nessuna corto circuitazione idraulica.	Rifiuti con basso tenore in sostanza solida (< 20%TS) non possono essere trattati da soli;
Biologico	- Bassa perdita di sostanza organica biodegradabile nei pre-trattamenti; - elevati carichi organici (OLR) applicabili; - resistenza a picchi di concentrazione di substrato o sostanze tossiche.	Minima possibilità di diluire sostanze inibitorie e carichi organici eccessivi con acqua fresca;
Economico ed ambientale	- Pre-trattamenti minimi e più economici; - ridotti volumi dei reattori; Ridotto utilizzo di acqua fresca; Minime richieste di riscaldamento del reattore.	Elevati costi di investimento a causa egli equipaggiamenti utilizzati per il trattamento.

D.2.2.2 Processi di digestione a due fasi

Questo tipo di approccio prevede la separazione fisica della fase idrolitica e fermentativa dalla vera e propria fase metanigena. I due processi avvengono infatti in reattori separati. Dal momento che i processi vengono separati ed avvengono in condizioni ottimali le rese del processo in termini di degradazione della sostanza biodegradabile e di produzione di biogas sono ottimizzate. Nella prima fase si osserverà quindi la fase di idrolisi ed acidogenesi secondo una cinetica di primo ordine limitata dalla presenza di cellulosa, mentre la seconda fase è deputata alla acetogenesi e metanogenesi. Qui la velocità limitante è quella di crescita della biomassa metanigena.

Si è comunque osservato che, nonostante i maggiori sforzi in termini tecnologici e di investimenti, molto spesso i sistemi a due fasi non consentono incrementi delle rese in termini di produzione di biogas tali da giustificare i maggiori costi di investimento e di gestione. Il maggior vantaggio consiste, piuttosto, nella capacità di trattare alcuni tipi particolari di rifiuto organico che vengono in genere evitati nei sistemi a fase unica, quali ad esempio particolari residui agro-industriali o zootecnici che presentano rapporti C/N < 20.

I processi a due stadi possono essere operati con o senza ritenzione della biomassa nel secondo stadio del processo. A seconda di questa particolarità costruttiva si hanno diverse rese del processo.

D.2.2.3 I processi batch

Nei processi batch, il reattore di digestione viene riempito con materiale organico ad elevato tenore di sostanza solida (30-40% ST), in presenza o meno di inoculo, e viene quindi lasciato fermentare. Il percolato, che si produce durante il processo degradativi, viene continuamente ricircolato. La temperatura del processo risulta elevata. Attualmente i processi batch non sono diffusi sul mercato, ma data la loro economicità e semplicità potrebbero in futuro trovare applicazione.

Il processo opera di per se stesso per fasi successive. Si ha, dapprima, una fase idrolitica ed acidogenica, seguita da una fase in cui gli acidi grassi volatili vengono trasformati in metano. Le soluzioni impiantistiche possono essere tre, come evidenziato in figura 10.

Nel reattore batch con ricircolo del percolato (caso A) il percolato viene ricircolato in testa al reattore. Questo è il principio di funzionamento del processo Biocell.

Uno dei problemi in questo tipo di reattori è connesso con la possibilità che si otturino i fori posti sul fondo del reattore. Nel caso B, si ha ricircolo del percolato prodotto nel reattore che tratta rifiuto fresco nel terzo reattore, che tratta rifiuto stabilizzato, mentre il percolato qui raccolto viene rinviato al primo reattore. Nella soluzione C il percolato prodotto nel reattore di digestione viene inviato ad un reattore di tipo Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB).

Figura 10: Possibili configurazioni impiantistiche per il processo batch, (n Lissens et al., 2001).

D.3 I sistemi tecnologici
Si descrivono di seguito le principali operazioni legate al trattamento meccanico biologico con specifico riferimento a:

1. **stoccaggio**
2. **pre-trattamenti**
3. **trattamento biologico**
4. **post-trattamenti**

D.3.1 Stoccaggio

Le fasi di conferimento/ricezione e stoccaggio comprendono le operazioni di conferimento delle diverse tipologie rifiuto, il collocamento dello stesso all'interno del fabbricato o dell'area e lo stoccaggio in luoghi adeguati.

Nelle fasi di stoccaggio e movimentazione dei rifiuti nel caso di trattamento meccanico – biologico occorre assicurare:

a) l'utilizzo di fosse di ricezione o di serbatoi di equalizzazione;
b) il funzionamento nell'area di stoccaggio chiusa di un impianto di estrazione aria con un tasso di ricambio di 3 – 4 volumi di aria/ora;
c) la purificazione dell'aria esausta o il suo riutilizzo;
d) un basso livello di inquinamento dell'aria esausta:
   - utilizzando superfici e apparecchiature di lavoro che siano semplici da pulire;
   - minimizzando i tempi di stoccaggio dei rifiuti nella zona di consegna;
   - pulendo regolarmente il pavimento dell'area di stoccaggio;
   - pulendo i nastri trasportatori e tutti gli altri macchinari almeno una volta a settimana;
e) l'impiego combinato di porte ad azione rapida e automatica riducendo al minimo i tempi di apertura: ciò può essere facilitato dall'installazione di un sensore di controllo delle porte e dall'adeguato dimensionamento dell'area di manovra nella zona di ingresso dell'impianto;
f) la responsabilizzazione dello staff preposto alla disciplina del flusso di veicoli nell'area di ingresso, nella consapevolezza che tale attività è importante ugualmente al fine di realizzare la breve apertura delle porte e per assicurare che essi svolgano, inoltre, una sufficiente manutenzione delle porte;
g) l'installazione di serrande d'aria che creano uno sbarramento all'aria circostante verso la porta di apertura.

Inoltre, in aggiunta alle misure di cui sopra, si descrivono di seguito alcuni accorgimenti utili per la minimizzazione delle polveri nelle fasi di trasporto e stoccaggio dei rifiuti:

a) facilitare il deposito delle polveri;
b) prevedere l'aspirazione in prossimità dei punti di estrazione e nella zona di accesso, con conseguente depolverizzazione;
c) applicare una copertura al nastro trasportatore;
d) pulire regolarmente le zone di stoccaggio, i pavimenti e le vie di traffico.

D.3.1.1 Trattamento Aerobico

Il trattamento aerobico inizia con la raccolta ed il conferimento all'impianto della matrice organica che rappresenta il substrato principale oggetto del trattamento. Data la elevata fermentescibilità, il substrato principale non può essere di norma stoccato, se non per il tempo necessario alla sistemazione dello stesso nella sezione di compostaggio. Ciò significa che le matrici organiche putrescibili devono essere avviate al trattamento man mano che giungono all'impianto. Così facendo, si impedisce da una parte l'insorgenza di maleodoranze dovuta a fenomeni fermentativi e putrefattivi, dall'altra viene limitata la proliferazione di insetti e la presenza di roditori. Inoltre, al fine di evitare la dispersione di percolato, il substrato principale deve essere lavorato su apposito piazzale dotato di pavimentazione impermeabile e sistema di raccolta. Rappresentando la manipolazione di matrici putrescibili una fase comunque critica per la dispersione degli odori, è necessario prevedere la ricezione, l'eventuale triturazione e la miscelazione dei suddetti rifiuti organici con altri ingredienti in strutture confinate.

Gli agenti di supporto quali paglia, cippato di ramaglie, trucioli di legno, segatura ed altri substrati ligno-cellulosici, in ragione della lenta reattività all'attacco microbico, dovuta ad un elevato contenuto in carbonio ed a modesti contenuti di umidità, possono essere, invece, stoccati presso la stazione di compostaggio, anche per lunghi periodi di tempo. Poichè, una volta bagnati, questi materiali cominciano il processo di trasformazione aerobica, ancorché lentamente data la scarsità di azoto, è preferibile accumularli sotto tettoie, ovvero, se all'aperto, sotto teli impermeabili. Questi ultimi, tuttavia, rappresentano un impedimento nelle normali operazioni di impiego degli agenti ligno-cellulosici. E' inoltre importante sottolineare che la presenza presso l'impianto di matrici secche aumenta grandemente il rischio di incendi.

In condizioni di distanza contenuta dai luoghi di approvvigionamento delle matrici strutturanti, la situazione ottimale potrebbe essere quella di mantenere, presso la stazione di compostaggio, una scorta di scarti ligno-cellulosici sufficiente per alcuni giorni, contando poi su rifornimenti programmati ripetuti, che evitino eccessivi accumuli.

Per l'eventuale stoccaggio dei substrati con funzione di correttivo e/o additivo, valgono le stesse considerazioni fatte per l'ingrediente primario, qualora queste matrici siano esse stesse putrescibili (*es.* fanghi di depurazione). Nel caso in cui gli ingredienti correttivi siano costituiti da materiali inorganici (*es.* concimi o scorie minerali), lo stoccaggio non costituisce un problema, sempre che si usi l'accortezza di sistemare questi materiali al riparo dell'azione dilavante della pioggia.

I rifiuti ricevuti giornalmente devono essere in quantità compatibile con le capacità di lavorazione dell'impianto e comunque non devono essere stoccati per più di 48 ore, salvo casi eccezionali.

Nella fase di stoccaggio in periodi caldi e umidi deve essere evitata la decomposizione anaerobica dei rifiuti contenenti un'alta percentuale di scarti verdi derivanti da attività urbane e/o da stazioni di trasferimento. In genere gli scarti verdi hanno un alto contenuto di umidità: se essi vengono accumulati in una stazione di trasferimento per diversi giorni, poi inseriti in un contenitore e accumulati in mucchi in atmosfera umida, si creeranno condizioni anaerobiche. Un'altra possibilità per l'ingresso di umidità è attraverso le andane non protette a seguito di prolungate condizioni atmosferiche di umidità, con conseguente interruzione della decomposizione aerobica; quindi le andane devono essere adeguatamente protette o coperte.

D. 3.1.2 Digestione anaerobica

Nella zona di ricezione di un impianto di digestione anaerobica possono essere conferiti diversi tipi di rifiuti:

- rifiuti indifferenziati e/o residuali;
- frazione organica selezionata da RU;
- fanghi da depurazione civile;
- rifiuti agro industriali;
- rifiuti zootecnici.

Il reparto di ricezione viene generalmente dimensionato in modo da accogliere un volume di rifiuti corrispondente ad una produzione di 2-3 giorni del bacino d'utenza servito. Tale aspetto è particolarmente importante per questo tipo di trattamento in quanto rende compatibile la discontinuità del sevizio di raccolta, con la continuità di esercizio dell'impianto, che si rende necessaria nel caso in cui si utilizzino digestori con funzionamento continuo.
Lo stoccaggio dei rifiuti può essere realizzato tramite una fossa interrata o tramite un piazzale di scarico a raso. Quest'ultimo può essere utilizzato soltanto per rifiuti con umidità ridotta, quindi è poco adatto per l'accumulo dei fanghi, mentre la fossa di stoccaggio interrata si può adattare a tutti i tipi di rifiuto, anche ad elevato contenuto di umidità.
Nel caso dello stoccaggio in fossa, il dimensionamento può essere condotto adottando il metodo grafico che prevede la costruzione delle curve delle portate influenti ed effluenti ed adottando un opportuno coefficiente di sicurezza che consenta di assorbire eventuali punte nella portata di ingresso. Al fine di prevenire il ristagno dei rifiuti la fossa deve essere priva di spigoli vivi; inoltre le pareti ed il fondo devono essere realizzati con modalità e materiali tali da sostenere i rifiuti stoccati nelle condizioni di massimo riempimento. Il posizionamento della fossa di stoccaggio deve consentire l'avvicinamento e la manovra dei mezzi di movimentazione del rifiuto.
La soluzione dello scarico a raso prevede, invece, la realizzazione di un piazzale in cui il rifiuto scaricato viene posizionato su zone differenziate in base alla sua provenienza; il calcolo della superficie minima richiesta può essere fatto considerando che i rifiuti devono essere disposti in cumuli, la cui altezza dipende dalla tipologia di apparecchiatura scelta, per la movimentazione.
Per i rifiuti indifferenziati o per la frazione residuale della raccolta differenziata può essere scelto un angolo di riposo di circa 20÷25°C. Nota la quantità di rifiuti da stoccare, definita la massima altezza raggiungibile dai cumuli ed individuato l'angolo di riposo del rifiuto, si calcola la superficie minima richiesta dai cumuli. A tale superficie dovranno poi essere aggiunti ulteriori spazi necessari per la manovra dei mezzi di movimentazione del rifiuto. La pavimentazione dovrà essere realizzata con una pendenza tale da garantire il convogliamento delle acque di lavaggio e dei percolati in appositi pozzetti di raccolta. Il vantaggio principale dello stoccaggio a raso è legato alla semplicità di gestione.
Per quanto riguarda i fanghi, le dimensioni della zona di accumulo e il sistema di ripresa e di movimentazione devono essere tali da evitare fenomeni di intasamento dovuti all'eccessiva solidificazione della miscela. In genere, vengono realizzate vasche in cemento armato attrezzate con tramogge in carpenteria metallica munite di fondo di estrazione a coclee che alimenta sistemi di pompaggio volumetrico. L'inclinazione delle falde della tramoggia deve essere tale da garantire lo scivolamento di materiali viscosi e le sue dimensioni non devono eccedere i due giorni di stoccaggio per evitare problemi di impaccamento e solidificazione della miscela. Il fondo della vasca in cemento armato di contenimento, deve essere impermeabilizzato e munito di pendenza per il recapito dei percolati prodotti ad un pozzetto collegato alla rete acque di processo dell'impianto. Per l'accumulo dei fanghi, in alternativa allo stoccaggio in fossa, possono essere utilizzati anche altri sistemi quali serbatoi fuori terra.

D.3.2 Pretrattamenti

Con il termine pretrattamenti si intendono tutte quelle operazioni destinate alla preparazione del rifiuto per il corretto svolgimento del processo biologico.
Si descrivono di seguito le principali operazioni di pretrattamento, sia per un impianto di trattamento aerobico dei rifiuti, sia per un impianto di digestione anaerobica.

D.3.2.1 Pretrattamenti: processo aerobico

Comportando le operazioni di pretrattamento la movimentazione di elevati quantitativi di materiale, qualora si trattino rifiuti ad elevata putrescibilità, tali trattamenti devono essere realizzati all'interno di edifici chiusi per i quali siano previsti almeno due ricambi di aria/ora da inviare direttamente al presidio ambientale ovvero all'aerazione della biomassa qualora prevista nella successiva fase di biossidazione. La pavimentazione delle superfici impegnate deve essere costruita in materiale adeguato per essere pulita facilmente e consentire il recupero dei reflui.
Un quadro riassuntivo delle principali tecnologie di pretrattamento dei rifiuti è riportato nelle tabelle seguenti.

Tabella 6 Tipologie di pretrattamento comunemente utilizzate

Trattamento	Triturazione/lacerazione/sfibratura	Miscelazione	Vagliatura	Demetallizzazione
Biostabilizzazione	Facoltativa	No	Facoltativa[1]	Si
Bioessiccazione	Facoltativa	No	Facoltativa	Facoltativa

[1] **Si**, se si produce Biostabilizzato per impieghi con finalità agronomiche

Tabella 7 Pretrattamenti: tecnologie disponibili

Pretrattamento	**Finalità**	**Tecnologie disponibili**	**Vantaggi**	**Svantaggi**
Lacerazione involucri	Apertura degli involucri e blando sminuzzamento	Aprisacchi a tamburo rotante	Elevata capacità produttiva, basse usure	Scarsa affidabilità in presenza di corpi rigidi
		Aprisacchi a lame	Efficiente in presenza di materiali omogenei	Elevata usura
Triturazione	Apertura degli involucri (se presenti), sminuzzamento (aumento della superficie esposta all'attacco microbico), equalizzazione della pezzatura del materiale al fine di migliorare l'andamento del processo.	Mulini a martelli	Ottima capacità produttiva su materiali ligneo cellulosici.	Scarsa omogeneità del materiale triturato, difficoltà nel trattamento di rifiuti ad alto tenore di umidità, frammentazione spinta di corpi rigidi presenti, usura elevata
		Mulini a lame	Possibilità di trattare materiali umidi; pezzatura omogenea	Basse portate
		Cippatrici	Buona capacità produttiva per residui vegetali	Produzione di triturato a basso grado di sfibratura e pezzatura non adatta a conferire porosità ai cumuli
		Trituratori a coclee	Possibilità di trattare materiali umidi	Basse portate; pezzatura disomogenea. Fragilità in presenza di corpi rigidi.
		Trituratori ad alberi semplici e/o multipli	Elevata affidabilità, elevata capacità produttiva	Pezzatura disomogenea
		Trituratori ad alberi a cesoie	Elevata affidabilità	Elevata usura
Miscelazione	Diminuzione della densità del materiale, previa aggiunta di materiale strutturante, al fine di migliorarne l'aerazione; ottimizzazione dei parametri biochimici, quali C/N ed umidità	Pale meccaniche	Elevata produttività	Scarsa omogeneità della miscela
		Miscelatori a coclee	Buona azione triturante, ottima miscelazione	Bassa produttività
		Miscelatori a flange	Ottima azione triturante	Modesta miscelazione

Vagliatura	Separazione del materiale in ingresso in flussi di massa caratterizzati da omogeneità dimensionale e medesima attitudine al trattamento (es: nel caso dei RU separazione in frazione secca e frazione organica; nel caso di matrici selezionate alla fonte separazione in materiale compostabile e scarti)	Vagli rotanti	Buona flessibilità	Basse portate
		Vagli vibranti	Elevate portate	Scarsa flessibilità
Demetallizzazione	Rimozione dei materiali ferrosi e non ferrosi	Deferrizzatori a magneti permanenti	Minori costi di investimento e di gestione	Minore efficienza
		Deferrizzatori a elettromagneti	Maggiore efficienza	Maggiori costi di investimento
		Cernitrici a correnti indotte per i metalli non ferrosi	Bassi consumi energetici	Maggiori costi di investimento
		Sistemi aeraulici	Elevata efficienza	Maggiori consumi energetici

D.3.2.2 Digestione Anaerobica

Le operazioni di pretrattamento necessarie risultano differenti a seconda che vengano utilizzati processi di digestione anaerobica del tipo *a secco (dry)* oppure *ad umido (wet)*.
Nel primo caso le operazioni sono di tipo tradizionale e non prevedono la diluizione in fase di selezione, mentre nel secondo caso, già in fase di selezione si provvede alla miscelazione con acqua ed alla contemporanea separazione della frazione leggera (plastica) e pesante in particolari apparecchiature (flottatori).
La scelta delle operazioni da eseguire, la loro sequenza ed il tipo di apparecchiature da utilizzare, viene effettuata in relazione a:

- natura e caratteristiche del rifiuto in ingresso all'impianto;
- tipo di processo di digestione anaerobica adottato;
- qualità e destino dei materiali in uscita dall'impianto.

Quest'ultimo aspetto riveste un'importanza particolare, in quanto il destino dei materiali prodotti dall'impianto influenza direttamente le scelte di processo ovvero il grado di raffinazione richiesto.
Ciò vale in particolar modo per la frazione secca, che può essere termovalorizzata in impianti dedicati di trattamento rifiuti o, in alternativa, trasformata in un combustibile ad elevato grado di purezza, avente requisiti tali da poter essere utilizzato in impianti industriali.
Nel reparto di pretrattamento vengono di norma eseguite le seguenti operazioni:

Dilacerazione

Lo scopo della dilacerazione è quello di aprire i contenitori di raccolta nei quali vengono conferiti i rifiuti e di ridurre la pezzatura del materiale più voluminoso per permettere una selezione corretta.
Tale operazione viene effettuata attraverso apparecchiature aprisacchi, le quali consentono di raggiungere l'obiettivo fissato senza provocare una frantumazione spinta del rifiuto, che potrebbe compromettere i successivi trattamenti per la commistione di materiali fini inerti triturati alla rimanente parte del rifiuto.
Questa operazione viene di norma eseguita con mulini ad alberi lenti, a dischi o a coltelli, oppure con mulini a coclee o con cilindri rompisacchi.

Separazione metalli

Tale operazione viene condotta con il duplice obiettivo di recuperare materie prime e di proteggere da abrasione ed eccessiva usura le apparecchiature successivamente utilizzate. La separazione dei metalli si ottiene impiegando separatori magnetici per metalli ferrosi e separatori a correnti indotte per metalli non ferrosi.

Separazione inerti e plastiche

Lo scopo della separazione degli inerti e delle materie plastiche è quello di rimuovere dalla massa di rifiuti le frazioni non biodegradabili e di ridurre il rischio di abrasione e di blocchi o intasamenti durante il processo. Tale operazione viene effettuata attraverso l'utilizzo di varie apparecchiature, singolarmente od in sequenza tra loro, quali vagli rotanti, vagli a dischi, vagli vibranti, separatori densimetrici, balistici, aeraulici o separatori ad umido (flottatori e sedimentatori).

Controllo pezzatura

Di norma è necessario sottoporre il flusso di rifiuti organici diretti al reparto di preparazione del substrato ad una riduzione delle dimensioni, allo scopo di rendere la pezzatura compatibile con il processo e con le apparecchiature utilizzate per la movimentazione della miscela. La granulometria del substrato, infatti, influenza direttamente le rese di processo, in quanto da essa dipende la superficie di contatto tra i microrganismi ed il materiale da digerire. In genere, vengono ritenute accettabili dimensioni inferiori a 50 mm. per la sostanza organica da alimentare alla sezione di digestione. Il controllo della pezzatura viene effettuato tramite fasi di vagliatura e triturazione eseguite prima delle operazioni di miscelazione del substrato.

Oltre ai pretrattamenti meccanici sopra descritti, la letteratura riporta, principalmente a livello di ricerca scientifica e di impianti dimostrativi, alcuni pretrattamenti di tipo chimico, fisico e biologico rivolti alla frazione organica prima per poterne migliorare la conversione in biogas. In generale, il principio si basa sulla solubilizzazione delle matrici solide difficilmente o non aggredibili nello stadio di digestione anaerobica.

Tali tecniche sono sostanzialmente finalizzate ad incrementare l'efficienza della fase idrolitica del processo di digestione, riconosciuta come lo step limitante l'intero processo.

Come accennato, la loro applicazione in impianti operanti su scala reale trova oggi scarsa diffusione, mentre notevole è l'attenzione dedicata a queste problematiche da parte del mondo scientifico.

Omogeneizzazione e regolazione del contenuto di umidità

I rifiuti organici devono inoltre essere sottoposti ai trattamenti necessari all'ottenimento di una miscela avente le caratteristiche chimico-fisiche ottimali per poter essere introdotta nei digestori. Tale preparazione si rende necessaria al fine di garantire il corretto funzionamento del processo e di ottimizzare le rese di metanizzazione.

I rifiuti devono essere diluiti in modo da regolare l'umidità della miscela al valore ottimale, prima dell'invio all'unità di digestione. Tale valore dipende dal tipo di processo utilizzato (ad umido, a secco, semi-secco) e dal materiale da sottoporre al trattamento. L'obiettivo può essere raggiunto tramite l'aggiunta di fanghi oppure di acqua di ricircolo proveniente dalla sezione di disidratazione.

Oltre alla regolazione del contenuto d'acqua è anche necessario provvedere all'omogeneizzazione della miscela prima dell'introduzione nel digestore.

I tipi di miscelatori maggiormente utilizzati sono:

- miscelatori a coclee per processi a secco o semi-secco;
- idropolpatori per processi ad umido o semi-secco.

I dispositivi di agitazione o miscelazione devono essere realizzati in materiale resistente all'azione abrasiva o corrosiva dei materiali costituenti i rifiuti. L'unità di miscelazione deve essere facilmente accessibile ed ispezionabile, al fine di consentire lo svolgimento delle operazioni di pulizia e di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Regolazione della temperatura

La miscela da degradare deve essere portata alla temperatura richiesta dal particolare processo utilizzato. La regolazione termica può essere realizzata sia all'esterno, che all'interno del digestore. Nel primo caso viene generalmente riscaldata l'acqua di diluizione o la miscela stessa tramite scambiatori di calore.

Nel caso di riscaldamento interno, invece, è possibile ricorrere, oltre che all'utilizzo di scambiatori di calore, anche all'iniezione diretta di vapore nel digestore. In questo caso occorre effettuare una vivace miscelazione per prevenire il surriscaldamento del fango e lo shock termico dei batteri, che può causare la loro completa inibizione.

D.3.3 Fase di Trattamento Biologico

D.3.3.1 Trattamento Aerobico

Numerosi sono i metodi di trattamento aerobico applicabili alla stabilizzazione dei rifiuti organici. La scelta del metodo dipende da una serie di fattori, tra i quali, in primo luogo, la tipologia delle matrici organiche da trattare.
Come è stato già ampiamente evidenziato, le matrici organiche destinabili alla stabilizzazione attraverso il processo di ossidazione biologica ospitano, in generale, sia microorganismi in grado di condurre reazioni di decomposizione anaerobica che specie microbiche con metabolismo ossidativo. Poiché il fine del compostaggio è la biostabilizzazione aerobica della sostanza organica, il requisito fondamentale per garantire un decorso rapido ed efficiente del processo, è quello di mantenere la presenza di ossigeno nelle matrici in trasformazione, ai livelli compatibili con il metabolismo microbico aerobico. Ne consegue che, nelle diverse situazioni operative, il metodo di compostaggio adottato, determina il modo attraverso il quale la suddetta esigenza è soddisfatta e finisce per condizionare altri aspetti del processo come il controllo della temperatura, la movimentazione del materiale in trasformazione, il controllo delle emissioni maleodoranti ed il tempo di stabilizzazione.
I sistemi di processo si suddividono in:

- sistemi intensivi ed estensivi, a seconda del grado di articolazione tecnologica, dell'importanza data ai processi naturali e a quelli indotti, e degli input energetici unitari;
- sistemi chiusi ed aperti, a seconda del grado di confinamento degli stessi rispetto all'intorno ambientale;
- sistemi statici e dinamici, a seconda della presenza e frequenza degli interventi di movimentazione per la ricostituzione periodica dello stato strutturale;
- sistemi aerati e non aerati, a seconda dell'aerazione forzata o, di converso, dell'affidamento esclusivo ai processi spontanei di diffusione e convezione.

Nel panorama tecnologico, si riconoscono essenzialmente tre tipologie generali di metodi di trattamento aerobico: *a) in cumuli periodicamente rivoltati*, *b) in cumuli statici aerati* e *c)* il *in bioreattori*. Ciascuna tipologia si articola in una vasta gamma di sistemi applicativi. Esiste anche il cosiddetto *trattamento aerobico passivo*, il quale non ha però rilevanza in termini tecnologici. Esso, infatti, presuppone il semplice ammasso della matrice organica putrescibile, la quale viene poi lasciata indisturbata per lunghi periodi di tempo (molti mesi), senza condizionamento alcuno delle reazioni di degradazione e trasformazione. Rientra in questa categoria il trattamento delle deiezioni animali presso la maggior parte delle aziende agricole.

D.3.3.1.1 Il trattamento aerobico in cumuli con rivoltamento della biomassa substrato

Il trattamento aerobico secondo tale metodo si attua disponendo la matrice di partenza in lunghe andane (*windrows*), normalmente a sezione triangolare o trapezoidale più o meno rastremata, le quali sono movimentate o rivoltate periodicamente.
L'altezza delle andane varia a seconda delle caratteristiche del substrato e della macchina movimentatrice. Matrici molto dense (*es.* alcuni tipi di deiezioni animali), che tendono a compattarsi, devono essere sistemate in cumuli di 1,2-1,5 m; d'altra parte, con materiali piuttosto soffici, come i fanghi di depurazione miscelati a scagliette di legno (*wood chips*), si possono formare cumuli di 2-3 m di altezza e talvolta anche più alti. La base dei cumuli varia, di solito, dai 3 ai 6 m. Le più comuni pale meccaniche possono lavorare tranquillamente anche su andane alte. Le macchine rivoltatrici, sia trainate che semoventi, non sono invece compatibili con cumuli alti più di 3 m.
I cumuli sono aerati principalmente grazie alle correnti d'aria e ai moti convettivi e diffusivi della stessa. Il ricambio d'aria all'interno della matrice dipende dalla porosità del cumulo. Quindi, la dimensione di un cumulo compatibile con una efficiente aerazione è determinata dalla porosità dello

stesso. Cumuli troppo grandi tendono a compattarsi, con il rischio di insorgenza di reazioni anaerobiche nella parte centrale. Di contro, andane di dimensioni modeste perdono calore troppo rapidamente; cosicché, le temperature necessarie per una progressiva evaporazione dell'acqua e per la distruzione degli eventuali organismi patogeni non sono raggiunte.
Il rivoltamento consente il rimescolamento dei materiali contribuendo anche a ridurre la pezzatura delle particelle, con conseguente aumento della superficie disponibile per l'attacco microbico. Esso ripristina anche la porosità della matrice in trasformazione, incrementando, al contempo, gli scambi passivi del vapore acqueo e degli altri gas prodottisi nell'atmosfera interna al cumulo. Sebbene le andane, in conseguenza del rivoltamento, vengano aerate, l'ossigeno apportato dalla movimentazione negli interstizi vuoti della matrice è consumato rapidamente dai microorganismi. Per questo, il risultato del rivoltamento è una variazione ciclica della concentrazione di ossigeno all'interno del cumulo. L'ossidazione biologica non può essere mantenuta, costantemente, al massimo dell'efficienza poiché, tra una movimentazione e l'altra, la concentrazione di ossigeno costituisce il fattore limitante.
Il rivoltamento permette, inoltre, la ridistribuzione nell'ambito del cumulo dei differenti strati della matrice, secondo un profilo diverso. Così il materiale in superficie viene rimpiazzato da quello proveniente dalle zone interne del cumulo e viceversa. Ciò consente, nel corso del processo, una eguale esposizione di tutta la matrice ora all'atmosfera più ossigenata della superficie, ora alle alte temperature dell'interno del cumulo. In questo modo, la biomassa substrato subisce una stabilizzazione omogenea ed una sufficiente igienizzazione.
La frequenza dei rivoltamenti dipende dal tasso di decomposizione della biomassa, dal contenuto di umidità e dalla porosità del substrato. Dal momento che il tasso di degradazione è, solitamente, molto elevato negli stadi iniziali del processo, la frequenza dei rivoltamenti può diminuire con l'età del cumulo. Matrici molto putrescibili possono richiedere rivoltamenti giornalieri nelle prime fasi del processo. Al progredire della biostabilizzazione, la frequenza delle movimentazioni può essere ridotta fino ad un rivoltamento a settimana. L'insorgenza di emissioni maleodoranti, un rapido declino della temperatura ovvero l'eccessivo accumulo di calore verso i limiti che rischiano di compromettere la vitalità dei microorganismi, sono tutte situazioni che rendono ragionevole un rivoltamento. Durante la stagione riproduttiva delle mosche, i cumuli devono essere rivoltati almeno una volta alla settimana, indipendentemente dall'andamento delle temperature della matrice, in modo da interrompere il ciclo biologico di questi insetti. Con il progredire del processo di stabilizzazione, le dimensioni dei cumuli si contraggono sensibilmente sì da rendere opportuna la fusione di due o più cumuli in una nuova, unica andana che impedisca l'eccessiva dissipazione del calore. Nel trattamento aerobico effettuato all'aperto, tale espediente risulta molto importante, specialmente durante la stagione fredda.
Con il metodo dei cumuli rivoltati periodicamente, la prima fase di decomposizione dura, generalmente, da tre a nove settimane, a seconda della natura del substrato di partenza e della frequenza delle movimentazioni. Per ottenere il superamento della fase di intensa attività biologica in tre-quattro settimane, è necessario procedere a rivoltamenti una o due volte al giorno nel corso della prima settimana di processo, dopo di che, ad un rivoltamento ogni due-tre giorni.

Per quanto riguarda la scelta delle macchine operatrici destinate al rivoltamento del materiale, si dovrà tenere di conto, sia della quantità di materiale da movimentare, sia della forma e delle dimensioni dei cumuli.
In piccoli impianti di trattamento aerobico, il rivoltamento può essere assicurato da una *pala meccanica dotata di cucchiaio caricatore frontale*. Con questo tipo di macchina, la matrice trattata viene prelevata dal cumulo e lasciata poi ricadere in modo da ricostituire l'andana con materiale reso più soffice dalla movimentazione. L'azione della pala serve, non solo ad aerare il materiale, ma anche a rimescolarlo. I cumuli rivoltati con pala meccanica sono di solito allestiti in coppie ravvicinate, al fine di renderne più facile l'accorpamento man mano che, con il procedere del processo, la matrice in compostaggio si riduce in volume. A seconda della dimensione della macchina, una pala meccanica è in grado di movimentare 30-60 m^3/h.

Negli ultimi 20 anni sono state messe a punto *macchine specializzate per il rivoltamento* delle andane di materiale sottoposto al trattamento aerobico. Queste macchine hanno il pregio di ridurre notevolmente i tempi di lavoro e la manodopera necessaria; esse, inoltre, consentono un più omogeneo rimescolamento del materiale. Alcune di queste macchine operatrici sono progettate per essere azionate dai comuni trattori di uso agricolo, mediante connessione con la presa di forza frontale o posteriore; altre sono semoventi. Le *macchine rivoltatrici azionate da trattore* possono essere trainate ovvero spinte. Di solito sporgono da un lato del trattore e movimentano il materiale trattato man mano che il trattore procede lungo il corridoio tra due andane. Queste macchine possono operare sia a mezzo di un albero rotante, perpendicolare allo sviluppo longitudinale delle andane, munito di palette o dischi di varia foggia che fresano, rimescolano e risistemano il cumulo, sia mediante un nastro elevatore inclinato, ad ampio fronte di carico, dotato di opportuni raschiatori. La maggior parte di queste macchine rivoltatrici azionate da trattore sono in grado di operare, ad ogni passaggio, solo sulla metà del fronte dell'andana interessata al rivoltamento. In questo caso, la movimentazione completa di un cumulo si esaurisce con due passaggi del trattore, in opposto senso di marcia, lungo l'asse longitudinale dell'andana. Esistono anche macchine rivoltatrici trainate, le quali operano su tutta la larghezza dell'andana, cavalcando la stessa con gli organi fresanti. Al trattore, per poter muovere una macchina rivoltatrice, è richiesta una potenza minima non inferiore ad 80 hp.
Le *macchine rivoltatrici semoventi* consistono, invece, sia in poderosi telai cavalca-cumulo, montati su ruote gommate o cingoli e dotati di asse rotante frontale, con palette o dischi fresanti, sia in convogliatori cingolati a nastro trasportatore mobile su piano inclinato. Rispetto alle operatrici azionate da trattore, le macchine rivoltatrici semoventi possono operare su cumuli sistemati in parallelo, con corridoi intercalari più stretti; ciò significa un notevole risparmio di spazio altrimenti improduttivo ai fini del processo. Considerato l'elevato costo di acquisto, le macchine semoventi trovano tuttavia adeguato sfruttamento soltanto in impianti di grandi dimensioni

D.3.3.1.2 Il trattamento aerobico in cumuli statici aerati
Il trattamento aerobico effettuato in cumuli statici aerati elimina la necessità di movimentare il materiale, rendendo, di contro, possibile l'ossigenazione grazie alla circolazione di aria in appositi sistemi di tubi diffusori. Una prima importante distinzione, nell'ambito del metodo, è tra i sistemi nei quali si applica l'*aerazione passiva* dei cumuli e sistemi nei quali, invece, si ricorre all'*aerazione forzata*.

Cumuli statici aerati passivamente. Il processo condotto in cumuli aerati passivamente prevede il trasporto dell'aria all'interno del substrato in trasformazione attraverso un apparato di tubi bucherellati, immersi nel cumulo. Le estremità aperte dei tubi terminano all'esterno del cumulo. L'aria fluisce nei tubi e, per il tramite dei forellini aperti per tutta la lunghezza della porzione immersa nella matrice organica, si diffonde attraverso il profilo del cumulo, grazie all'effetto ciminiera creato dai gas caldi, che si portano verso gli strati esterni per poi fuoriuscire alla superficie del substrato.
I cumuli devono essere non più alti di 1-1,2 m e ricoperti, in superficie, con uno strato di circa 10 cm costituito da compost maturo, paglia o torba di sfagno. Questo strato esterno ha funzioni coibenti e di adsorbimento delle emissioni maleodoranti. Una volta formato, il cumulo non è più movimentato, se non a fine processo, è necessario quindi miscelare bene il substrato di partenza per renderlo quanto più omogeneo e dotato di un'adeguata tessitura, magari ricorrendo all'uso di agenti di supporto ligno-cellulosici (*es.* paglia triturata, trucioli di legno, *etc.*). I tubi per l'aerazione sono piazzati sul basamento che ospiterà il cumulo, sopra uno strato di compost maturo, paglia o torba, simile a quello con cui verrà coibentata la matrice sottoposta a trattamento. Di solito, i tubi vengono posizionati con i fori rivolti verso il basso in modo da evitare rischi di ostruzione ed il drenaggio della condensa. Quando il processo di compostaggio è completato, i tubi vengono semplicemente sfilati dalla matrice ed il materiale impiegato come coibente viene miscelato al compost.

Tale metodo si è rivelato particolarmente interessante per il trattamento dei residui di alcune industrie conserviere, caratterizzati dalla presenza di sostanze a forte impatto olfattivo o da elevate concentrazioni di composti azotati (*es.* rifiuti della lavorazione di molluschi e crostacei, liquami suinicoli, scarti della macellazione e dell'industria ittica, *etc.*).

Cumuli statici con aerazione forzata. Il metodo dei cumuli statici aerati si basa sull'uso di apparati che costringono l'aria a fluire forzatamente attraverso la matrice sottoposta a trattamento aerobico. Questi apparati consentono, in generale, un maggiore controllo del processo. Il rifornimento di aria nella matrice organica in trasformazione può essere attuato in due modi: attraverso *aspirazione di aria* dalla superficie del cumulo (*suction* o *vacuum induced ventilation*) ovvero per *insufflazione forzata di aria* nel substrato (*blowing* o *forced pressure ventilation*).
Con la tecnica dei cumuli statici con aerazione forzata, i substrati di partenza, eventualmente miscelati ad appropriati agenti di supporto che ne incrementino la porosità, sono sistemati in cumulo su una platea di solito ricoperta da uno strato di scagliette di legno, paglia triturata od altro materiale poroso. Questo strato di materiale poroso ospita i tubi per l'aerazione, opportunamente bucherellati. Nelle soluzioni impiantistiche più recenti, si evita il posizionamento dei tubi di aerazione sulla superficie della platea di compostaggio, ricavando, nella stessa, canalette grigliate che ospitano i tubi ovvero funzionano esse stesse da conduttura di aerazione. Il sistema di tubi è connesso ad un ventilatore che può aspirare aria ovvero spingerla attraverso la matrice sottoposta al trattamento. Affinché sia garantita una uniforme diffusione dell'aria nella matrice in trasformazione, i cumuli non devono superare i 2,5 m in altezza.
Nei cumuli "aspirati", viene creata una depressione per mezzo del sistema di tubi posizionati nella matrice, sulla platea di trattamento, e connessi con il ventilatore che, in questo caso, agisce da aspiratore. L'aria viene richiamata nel substrato dalla superficie esterna, passa attraverso il profilo del cumulo e viene drenata, al fondo, dal sistema di tubi dotati di fori. L'aria esausta è veicolata all'esterno del cumulo dal tubo di raccordo principale, il quale si immette in un sistema filtrante, prima di connettersi con l'aspiratore. Ciò permette l'abbattimento delle eventuali emissioni maleodoranti ed evita che il vapor acqueo, drenato via dal cumulo assieme all'aria esausta, raggiunga, con il suo carico di sostanze corrosive (acidi organici), l'aspiratore. Il sistema di trattamento aerobico basato sull'aspirazione dell'aria, detto anche *processo Beltsville*, presenta alcuni inconvenienti rispetto al controllo dei parametri di processo. Il richiamo di aria fredda dall'atmosfera esterna all'interno del substrato, fa sì che, nella regione centrale dei cumuli, si condensi il vapor acqueo. Ciò porta, in primo luogo, alla formazione di ristagni d'acqua che possono provocare l'insorgenza di condizioni anaerobiche in vaste porzioni della matrice. La ridotta evaporazione determina, inoltre, una minore dissipazione del calore e, di conseguenza, un cattivo controllo della temperatura.
Nel sistema di aerazione forzata per insufflazione invece, il ventilatore funziona come soffiante, inducendo una pressione positiva all'interno della matrice. In questo modo, l'aria esausta viene spinta verso la superficie esterna del substrato e rimpiazzata da quella fresca diffusa dal sistema di tubi alla base del cumulo. Con questo sistema, il controllo delle eventuali emissioni maleodoranti può essere conseguito mediante la stesura di uno strato (circa 10 cm) di compost maturo alla superficie del cumulo.
Il sistema di biostabilizzazione con aerazione forzata per insufflazione rappresenta, fra tutte le alternative in cumuli statici, la procedura più razionale per la gestione del processo. L'insufflazione rende possibile, infatti, un miglior controllo della temperatura, che è poi il parametro che maggiormente condiziona il metabolismo microbico durante la fase prima fase di decomposizione.
Le soffianti, e quindi l'adduzione forzata di aria nella matrice trattate, possono essere governate secondo strategie diverse. I ventilatori possono, infatti, operare sia in continuo, che ad intermittenza. In quest'ultimo caso, il meccanismo di controllo dei periodi di lavoro e di pausa può dipendere da un programma impostato su apposito temporizzatore (*timer*) ovvero da un sensore di temperatura collocato all'interno del cumulo.

L'insufflazione in continuo, per quanto garantisca una costante ossigenazione e dissipazione del calore in eccesso dal substrato, presenta alcuni inconvenienti. Le zone del cumulo più vicine ai tubi diffusori tendono a raffreddarsi troppo ed a disidratarsi. Ciò determina l'arresto di una significativa evoluzione biologica di cospicue porzioni della matrice, nelle quali anche la disattivazione degli eventuali patogeni viene compromessa.
D'altra parte, con le soffianti operanti ad intermittenza, le temperature nelle diverse sezioni del cumulo tendono invece, tra un turno di insufflazione e l'altro, ad equalizzarsi.
Quando i periodi di aerazione forzata sono governati da un *timer*, le soffianti si attivano o si disattivano sulla base di tempi fissati. Il programma dei periodi di lavoro e di pausa dipende dalle caratteristiche del cumulo (dimensioni) e, soprattutto, da quelle della biomassa substrato (degradabilità, porosità, *etc.*). Di solito si ricorre a cicli durante i quali la soffiante lavora da 1/3 a 1/2 del tempo disponibile (*e.g.* 10 min di lavoro ogni 20 min di pausa). I periodi di pausa non dovrebbero mai superare i 30 min.
La gestione dell'insufflazione per mezzo di programmi impostati su *timer*, per quanto consenta una buona aerazione del substrato ed un sufficiente controllo della temperatura, non necessariamente riesce a mantenere le temperature del cumulo entro limiti ottimali per l'attività microbica.
Un più stretto controllo della deriva termica nei cumuli statici "insufflati" è stato raggiunto assoggettando il funzionamento delle soffianti all'andamento della temperatura all'interno del substrato. Il sistema di insufflazione forzata dei cumuli governato dalla temperatura (*temperature feed-back control*) viene indicato anche come *processo Rutgers*. Poiché la temperatura è un indice indiretto dell'attività metabolica della biomassa microbica, un sensore termico (termocoppia) è collocato nel cumulo sottoposto a trattamento. Questo sensore invia un segnale ad un termostato sul quale viene impostata, a discrezione dell'operatore, una certa temperatura (normalmente 55 °C). Il termostato è collegato, a sua volta, con la centralina di controllo delle soffianti. Quando la temperatura alla termocoppia raggiunge il valore fissato sul termostato, questo attiva le soffianti, le quali lavorano in continuo, fin tanto che la dissipazione del calore dovuta alla ventilazione forzata non riporta la temperatura del substrato sotto al limite impostato sul termostato. Alle temperature inferiori rispetto al limite fissato sul termostato, le soffianti agiscono secondo un programma di tempi di lavoro e pause governato da un *timer*. In questa maniera, si garantiscono i massimi apporti di aria in coincidenza con le punte più intense di attività microbica. Siccome elevata attività dei microrganismi significa maggiore utilizzazione di ossigeno e produzione di calore, l'aria fornita dalle soffianti "su richiesta" soddisfa, da una parte, le accresciute esigenze di ossigeno, mentre dissipa, dall'altra, il calore in eccesso. Il valore di 55 °C, di solito impostato sul termostato, garantisce il raggiungimento di temperature sufficienti alla disattivazione dei patogeni. Con il *processo Rutgers*, la prima fase di decomposizione si conclude nell'arco di tre-quattro settimane.

D.3.3.1.3 Il trattamento aerobico in bioreattori

Il trattamento in bioreattore (*in-vessel composting*) prevede la stabilizzazione della biomassa substrato in particolari strutture di contenimento, dove tecniche di movimentazione e di aerazione forzata della matrice sono variamente combinate. Questi "bioreattori" possono essere contenitori chiusi o semplici vasche aperte. La maggior parte di questi apparati assolve solo ad una prima parziale omogenizzazione e trasformazione delle matrici organiche. La biostabilizzazione aerobica vera e propria del materiale in uscita dai reattori avviene, di solito, attraverso uno dei numerosi sistemi in cumulo.
Da un punto di vista delle applicazioni tecnologiche, le più diffuse tipologie di bioreattori sono: i *cilindri rotanti*, i *silos*, le *biocelle* e le *trincee dinamiche aerate*. Cilindri rotanti, silos e biocelle rientrano nella categoria dei reattori chiusi, mentre le trincee dinamiche aerate sono un esempio di reattori aperti. A loro volta, cilindri rotanti, silos e trincee dinamiche aerate, contrariamente alle biocelle, prevedono la movimentazione della biomassa substrato all'interno del reattore.

I cilindri rotanti. Si tratta di grandi cilindri disposti orizzontalmente e sistemati su speciali ingranaggi che ne consentono un lento movimento rotatorio. Il substrato viene alimentato attraverso una

tramoggia sistemata ad una estremità del cilindro. La matrice organica, a seguito del movimento rotatorio, viene miscelata e spinta attraverso tutta la lunghezza del cilindro, per poi venir scaricata all'estremità opposta a quella di carico. Le dimensioni più frequenti per questi tipidi cilindri sono 3 m di diametro, per 35 m circa di lunghezza. Considerando un utilizzo massimo del volume interno intorno al 70%, le suddette misure consentono una capacità giornaliera dell'ordine di 50 t, con tempi di residenza del substrato di tre giorni. Nel cilindro, i processi di decomposizione iniziano rapidamente, preparando il substrato alla stabilizzazione successiva, fuori del reattore.
L'aria è alimentata dalla estremità di scarico della matrice e si muove, nel cilindro, in direzione opposta rispetto all'avanzamento del substrato. La velocità di rotazione e il grado di inclinazione dell'asse del cilindro determinano il tempo di ritenzione del materiale caricato. All'interno, il cilindro può essere completamente aperto oppure diviso in due o tre compartimenti, separati da porte di trasferimento manovrabili. In quest'ultimo caso, alla fine di ogni giorno di attività, viene aperta la porta di trasferimento dell'estremità di scarico e l'ultimo compartimento è così svuotato. Successivamente gli altri compartimenti sono aperti ed il materiale in essi contenuto è trasferito in sequenza, liberando così il primo compartimento che riceve un nuovo carico. All'interno del cilindro si raggiungono temperature > 55°C che contribuiscono ad una drastica disattivazione degli eventuali microorganismi patogeni.
Questi cilindri rotanti sono costosi e, non apportano alcun giovamento significativo al processo complessivo di stabilizzazione della matrice di partenza. La quasi totalità del processo avviene infatti all'esterno del bioreattore, con i soliti problemi di controllo del processo stesso. Preparazione e igienizzazione del substrato possono essere raggiunti secondo procedure molto più semplici e meno onerose.

I silos. Sono reattori cilindrici, verticali, di solito completamente chiusi. In quelli a configurazione più recente, ogni giorno uno speciale apparato estrattore rimuove dal fondo del reattore la porzione di substrato parzialmente stabilizzata, mentre nuova matrice fresca viene alimentata dall'alto. L'aerazione è attuata per mezzo di un sistema di diffusori posti al fondo del silo. L'aria passa così attraverso tutto il profilo del materiale sottoposto a trattamento. Una volta arrivata al culmine del reattore, l'aria esausta viene convogliata in un filtro per l'abbattimento degli odori. Il tempo di ritenzione del substrato all'interno del silo è normalmente dell'ordine delle due settimane. Dopo la rimozione dal silo, la matrice viene avviata alla fase di completa stabilizzazione in cumulo ovvero in un secondo silo, anch'esso aerato.
Inconvenienti principali legati al trattamento in silos sono: la tendenza ad un eccessivo compattamento della biomassa substrato; la difficoltà di aerare in maniera omogenea, con rischio di eccessiva ventilazione e raffreddamento della matrice a contatto dei diffusori a fronte della scarsa ossigenazione delle parti alte del silo; la condensa del vapore lungo le pareti fredde del reattore, con conseguente ostacolo della progressiva perdita di umidità ed eccessivo ristagno d'acqua nella matrice. Tutto ciò può limitare il decorso delle reazioni aerobiche e rendere difficile il controllo della temperatura.
I silos si prestano al trattamento di matrici organiche particolarmente soffici e ben strutturate.

Le biocelle. L'utilizzo, invece, di biocelle prevede un preliminare trattamento della biomassa substrato all'interno di veri e propri *containers* scarrabili, da sistemarsi in apposita platea cementata, dotati di un impianto di aerazione che consente l'adduzione di aria all'interno del reattore attraverso il pavimento ad intercapedine, perforato. Ogni biocella può contenere da 30 a 60 m^3 di materiale, il quale viene caricato attraverso un portellone, successivamente chiuso in maniera ermetica. Il metodo è, a tutti gli effetti, un sistema statico e, perciò, richiede una accurata preparazione della miscela iniziale, sia in termini di bilanciamento dei nutrienti, sia, soprattutto, in termini di adeguata porosità e resistenza meccanica al compattamento. Dopo uno stazionamento di 7-12 giorni all'interno del *container*, la matrice in trasformazione, dopo aver perso buona parte della putrescibilità e della tendenza a rilasciare percolato, viene sistemata in cumuli, all'esterno, dove raggiunge la completa maturazione in ulteriori 8 settimane. In conclusione, l'intero ciclo di trattamento con il sistema a biocelle richiede un arco temporale di 9-10 settimane. Le biocelle,

come tutti i sistemi di trattamento in reattori chiusi, offrono la possibilità sia di controllare le emissioni di odori, mediante il trattamento dell'aria esausta in uscita per mezzo di biofiltri, sia di gestire razionalmente il percolato. Questi bioreattori possono essere impiegati singolarmente ovvero in batteria di due o più unità.

Le trincee dinamiche aerate. Sono definite anche *letti agitati* (*agitated beds*). Questi sistemi combinano l'aerazione controllata del substrato con il periodico rivoltamento dello stesso. Non sono reattori chiusi ed il trattamento delle matrici alimentate avviene in strette corsie o vasche (trincee), delimitate da pareti che corrono soltanto lungo l'asse longitudinale. Più corsie possono essere sistemate, in batteria, una adiacente all'altra. Sul culmine di ogni parete è sistemata una rotaia. Una macchina rivoltatrice si muove a cavallo di ogni corsia, seguendo il binario formato dalle due pareti di contenimento adiacenti. Negli impianti a corsie multiple, la macchina rivoltatrice può essere spostata da una trincea all'altra per mezzo di un telaio traslatore su ruote, posto in testa alle vasche.
In un tipico schema operativo, la biomassa substrato è alimentata all'estremità di carico della corsia. Come la macchina rivoltatrice avanza sulle rotaie, la matrice viene rivoltata e quindi scaricata alle spalle della macchina stessa. Così, ad ogni passaggio, la macchina movimenta il materiale sottoposto a trattamento verso l'estremità di scarico della corsia. La macchina rivoltatrice ha la funzione di miscelare la matrice in trasformazione, favorendone così la omogeneizzazione, mediante la disgregazione di eventuali agglomerati, e incrementando il rilascio di vapore acqueo e di calore. Il rivoltatore opera in maniera completamente automatizzata.
Sul pavimento delle vasche, corrono, in senso longitudinale, delle canalette che ospitano il sistema di diffusione dell'aria, connesso con una serie di soffianti. In questo modo la matrice trattata può essere aerata anche in fase di stazionamento. Siccome, lungo la corsia, il substrato si trova in stadi di maturazione diversi, la corsia stessa è suddivisa in sezioni, a ciascuna delle quali può essere addotta una quantità d'aria diversa da quella contemporaneamente immessa nelle altre. Di solito, ogni sezione è alimentata da una soffiante, governata da un sensore di temperatura collocato nel settore di riferimento e funzionante secondo il sistema a *feed-back*.
La capacità del sistema dipende, ovviamente, dal numero e dalle dimensioni delle corsie. Nelle applicazioni più diffuse, le trincee hanno una lunghezza di 25-30 m, sono larghe 3-4 m e sono delimitate da pareti alte 1,5-3 m. La lunghezza delle corsie e la frequenza dei rivoltamenti determina i periodi di residenza della biomassa all'interno del reattore. A seconda delle caratteristiche del substrato, i tempi di ritenzione variano da tre a cinque settimane. Dopo di che, il materiale in uscita dalle trincee viene avviato alla fase di finissaggio.
Questo tipo di bioreattori si è rivelato particolarmente efficace nel trattamento di biomasse ad elevato contenuto di umidità, come i rifiuti dei mercati ortofrutticoli per la produzione di compost di elevate specifiche qualitative.

D.3.3.2 Digestione anaerobica

Le tipologie degli schemi di processo sono state descritte nel Paragrafo D.2.

D.3.4 Post-Trattamenti: principali operazioni e tecnologie disponibili

Si intendono le operazioni destinate a condizionare le caratteristiche del prodotto derivante dalla fase di biossidazione e/o trasformazione, in funzione degli utilizzi finali.

D.3.4.1 Post-trattamenti: trattamento aerobico

Raffinazione del prodotto stabilizzato
I post- trattamenti si pongono gli obiettivi di:

- separare i corpi estranei o non decomposti eventualmente presenti:
  a) raffinazione dimensionale;
  b) vagliatura densimetrica;
  c) vagliatura aeraulica;
- qualificare merceologicamente il prodotto:
  a) essiccazione;
  b) pellettizzazione;
  c) granulazione.

Tabella 8: Principali operazioni di post – trattamento nei trattamenti biologici

Post trattamento	Finalità	Tecnologie disponibili
Vagliatura	Separazione del materiale trattato in flussi di massa caratterizzati da omogeneità dimensionale al fine di separare i prodotti dagli scarti di processo; es: RU- separazione in frazione secca e frazione organica	- Vagli rotanti - Vagli vibranti
Classificazione densimetrica	Separazione del materiale trattato in due flussi di massa omogenei per densità al fine di separare i prodotti del processo dalle impurezze contenute	- Classificatore aeraulico - Tavola densimetrica
Demetallizzazione	Rimozione dei materiali ferrosi e non ferrosi	- Magneti permanenti o elettromagneti per il ferro - Cernitrici a correnti indotte per i metalli non ferrosi

Come mostrato nella tabella 8, la raffinazione finale può essere dimensionale e/o densimetrica (quest'ultima viene generalmente adottata in combinazione con l'altra).

La separazione densimetrico-aeraulica (tavola densimetrica, ciclone) consente la separazione di corpi di piccole dimensioni plastici o vetrosi e di sassi dal prodotto finale.
Tenendo conto della eventuale presenza di materiali plastici provenienti da *shoppers* o sacchi, soprattutto nel flusso di residui alimentari, può essere comunque valutata come opportuna l'adozione di un sistema dedicato di separazione aeraulica degli inerti plastici stessi, eventualmente

solo per "pulire" sistematicamente o periodicamente i sovvalli della raffinazione dimensionale, che altrimenti concentrerebbero progressivamente (se ricircolati in testa al processo) i materiali non decomponibili; il separatore divide tali materiali dagli scarti legnosi incomposti, riutilizzabili come agente di struttura o pacciamante.
L'operazione di vagliatura, nel caso in cui la matrice di partenza sia stata approntata con il ricorso ad agenti strutturanti con dimensione delle particelle grossolana, consente, da una parte, di ottenere un prodotto finito più omogeneo e di granulometria idonea alle applicazioni più specialistiche (*es.* floricoltura, orticoltura, vivaismo), dall'altra, di recuperare il substrato ligno-cellulosico solo parzialmente decomposto per nuove miscelazioni con l'ingrediente primario. La vagliatura ha infine il compito di eliminare dal prodotto finito eventuali frazioni contaminanti (*es.* frammenti di materiale plastico, inerti di varia natura), nei casi in cui queste siano presenti nel substrato umido di partenza.
L'efficacia di un vaglio è, invece, correlata alla sua capacità di separare le particelle della matrice nelle frazioni granulometriche desiderate. Quindi essa diminuisce quando particelle più grandi di quelle desiderate passano attraverso il vaglio ovvero quando particelle con dimensioni corrispondenti alla frazione voluta rimangono al di sopra della superficie di vagliatura.
Sia la capacità che l'efficacia dipendono dal tasso di alimentazione del vaglio rispetto alla superficie vagliante utile ($m^3/m^2/h$) e dalla dimensione dei fori. Le condizioni ottimali si raggiungono nel giusto compromesso tra qualità del materiale affinato e quantità dello stesso ottenuta nell'unità di tempo.
È da notare inoltre che i vagli funzionano meglio se alimentati con materiale più secco e pertanto, è preferibile condurre l'operazione di vagliatura dopo la fase di finissaggio.
Per evitare problemi ricorrenti di impaccamento della matrice trattata e di ostruzione delle aperture dei vagli, il biostabilizzato sottoposto a vagliatura dovrebbe avere un'umidità non superiore al 45 %. Al fine di ovviare ai fenomeni di impaccamento, alcune tipologie di vaglio presentano apparati per la preventiva rottura e miscelazione dei grumi del materiale prima che questo passi alla vagliatura vera e propria.

In questa fase possono essere utilizzate le seguenti tipologie di apparecchiature:

- Vagli a tamburo cilindrico inclinato rotante: hanno una superficie curva dotata di fori, possono essere aperti o racchiusi in una scocca di protezione. In quest'ultimo caso, un'apertura longitudinale è presente nella parte inferiore per la raccolta del materiale fine in uscita dai fori. I vagli a cilindro rotante sono solitamente dotati di un dispositivo di carico all'estremità più elevata e presentano alette interne per consentire l'avanzamento della matrice lungo l'asse longitudinale, fino all'estremità posta più in basso, dalla quale fuoriesce il materiale grossolano. Essi, talvolta, presentano anche sistemi di spazzole che, ruotando a contatto della porzione d'arco superiore del vaglio, ad ogni giro del tamburo, consentono di liberare i fori da eventuali occlusioni.
- Vagli vibranti: il passaggio della frazione fine avviene attraverso una griglia forata inclinata vibrante (o in movimento sussultorio nella variante "a pannelli elastici"). La macchina opera solitamente a punto fisso, ma è disponibile, comunque, la versione mobile montata su rimorchio.
- Vagli "a letto di stelle": una serie di tubi metallici rotanti portano elementi circolari in gomma a forma di stella distanziati sull'asse di una distanza pari a quella della larghezza di un elemento. La rotazione sincronizzata di un letto composto da una serie di questi tubi apre delle luci passanti di uguale grandezza nella quale passa la frazione fine. Contemporaneamente la rotazione dei tubi spinge il sovvallo verso la fine del vaglio.
- Separatori balistici: si basano sulle diverse traiettorie percorse da particelle proiettate da un rotore ad alta velocità. Il materiale viene fatto cadere su un rotore rivestito in gomma (circa 500 mm di diametro) che deposita le particelle più leggere (es. compost o materiale organico in generale) in una tramoggia posta a breve distanza, mentre quelle più pesanti (pietre, vetro,

ecc) vengono scagliate più lontane e raccolte in una seconda tramoggia. Questo tipo di separazione è indicato in impianti di trattamento di RU indifferenziati, ovvero in impianti che trattano scarti alimentari selezionati, ma merceologicamente impuri.

- Separatori aeraulici: collocato in una zona di carico che può presentare una tavola vibrante per la sua distribuzione in strato sottile, il materiale scorre lungo un nastro trasportatore fino ad una serie di ventilatori che, per aspirazione o insufflazione, separano le frazioni più leggere (plastiche, carta, ecc…) che vengono convogliate in apposite tubazioni. I modelli disponibili sul mercato non sono molti, e presentano capacità di lavoro massima in ingresso non superiori a 40-50 m^3/h, con potenze installate di 15-35 kW. L'efficienza di separazione dichiarata è del 70-90%.

D 3.4.2 Post trattamenti: digestione anaerobica

A) Produzione, depurazione ed utilizzo del biogas

Produzione di biogas

La produzione di biogas costituisce uno dei principali vantaggi della digestione anaerobica dei rifiuti, grazie al consistente recupero energetico che si riesce a conseguire tramite il suo utilizzo. Pertanto, l'intero processo deve essere condotto in maniera tale da massimizzare le rese di metanizzazione.

La portata all'uscita dal digestore può presentare però delle variazioni importanti, dal 60 al 140% della portata media. A ciò corrisponde anche una variazione della qualità del biogas prodotto, il cui tenore in metano può oscillare dal 45 al 65 %.

Queste variazioni sono dovute alla differente velocità di degradazione dei diversi componenti della materia organica degradabile. Infatti, poco dopo l'introduzione del substrato nel digestore, i primi componenti si degradano, producendo un biogas molto ricco di anidride carbonica, mentre gli altri componenti si degradano più tardi, con produzione di un biogas più ricco in metano.

I due parametri, portata e concentrazione di CH_4, variano in senso opposto: durante il caricamento del digestore si ha una grande portata di biogas a basso contenuto di metano, mentre lontano del caricamento, si ha una portata ridotta, ma ricca di metano.

Il rendimento in biogas del processo, espresso in termini di m^3/kgTVS alimentati, è molto variabile e dipende dalla frazione biodegradabile del substrato. Infatti, non tutta la sostanza organica presente nel digestore viene convertita in biogas, ma solo una sua frazione, come rappresentato nella figura 11, che illustra la trasformazione del substrato durante il processo di digestione anaerobica.

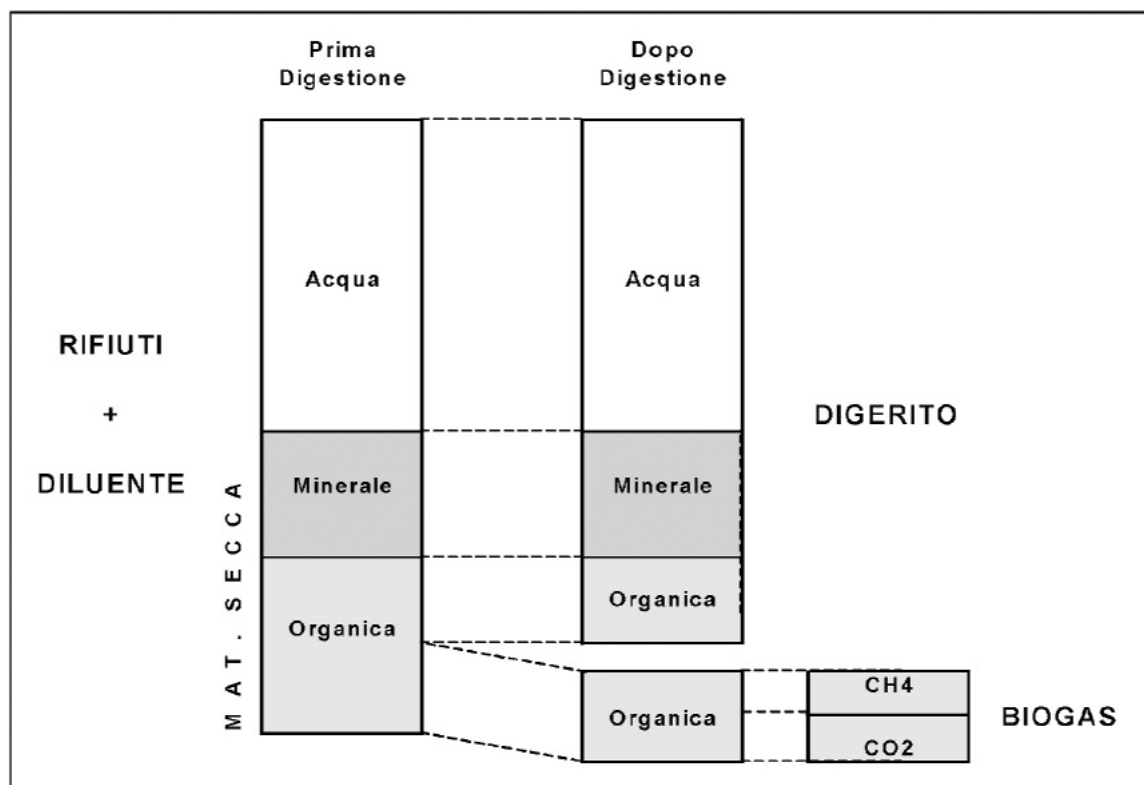



Figura 11: Trasformazione del substrato nel digestore

Nella tabella 9 sono riportati i dati di rendimento in biogas disponibili in letteratura relativi ai diversi substrati ed ai differenti tipi di processo, distinti in base al contenuto in solidi nel reattore ed al diverso regime termico.

Tabella 9: Valori del rendimento in biogas [m^3/kg TVS alim.] nei vari processi

Substrato	Mesofilia			Termofilia		
	Processo umido	Processo semi-secco	Processo secco	Processo umido	Processo semi-secco	Processo secco
Frazione organica selezionata meccanicamente	0,17-0,23	0,23-0,30	0,35-0,45	0,20-0,30	0,30-0,41	0,35-0,45
Frazione organica da raccolta differenziata	0,65-0,85	0,60-0,80	0,50-0,70	0,60-0,85	0,60-0,80	0,50-0,70

Nella tabella 10 sono, invece, riportate le principali caratteristiche del biogas.

Tabella 10: Composizione del biogas (concentrazioni su gas secco)

Componenti	**Percentuale**
Metano (CH_4)	55 – 65 %
Anidride carbonica (CO_2)	35 – 45 %
Idrogeno solforato (H_2S)	0,02 – 0,2 %
Vapore d'acqua	saturazione
Idrogeno, ammoniaca	tracce
Ossigeno, azoto	tracce

Tutte le tubazioni e le apparecchiature devono essere realizzate con opportuni materiali che tengano conto del carattere corrosivo di alcuni componenti, in particolar modo dell'idrogeno solforato.
All'uscita del digestore deve essere prevista una filtrazione (<10µm) per eliminare le particelle liquide o solide che potrebbero essere trascinate dal biogas. Questo semplice sistema permette di proteggere le soffianti o i compressori che verranno utilizzati per l'alimentazione del gas ai successivi utilizzi.

Depurazione del biogas
Prima dell'utilizzo a fini energetici il biogas deve essere sottoposto ad opportuni trattamenti di depurazione.
Infatti, la presenza di anidride carbonica, azoto ed acqua provoca l'abbassamento del potere calorifico della miscela, mentre sostanze come l'idrogeno solforato ed i composti organici alogenati, che possono essere presenti nel biogas, si comportano da agenti corrosivi, causando sensibili danni agli impianti di utilizzazione.
La scelta del trattamento o dei trattamenti più opportuni dipende, sia dalle caratteristiche del biogas, che dalle modalità di utilizzo previste.
In questa sede non si intende entrare nel merito dei criteri di dimensionamento delle apparecchiature per la depurazione del biogas, ampiamente descritti nella letteratura specializzata, ma si vogliono solo richiamare i principali trattamenti a cui è necessario sottoporre il fluido prima dell'alimentazione ai gruppi di produzione di energia. Tali trattamenti sono finalizzati ad ottenere un sensibile abbassamento dei costi di conduzione e manutenzione delle macchine, un funzionamento ottimale ed una maggior affidabilità, oltre alla garanzia di rispetto dei limiti di emissione imposti dalla legge.

Deumidificazione
Il trattamento di deumidificazione è necessario in quanto l'umidità, di cui il biogas è saturo, può condensare all'interno delle tubazioni, in seguito a variazioni di temperatura e/o pressione, provocando malfunzionamenti.
Il sistema di deumidificazione è costituito generalmente da un gruppo frigorifero in grado di raffreddare il gas da inviare ai motori. In tal modo si separa dalla miscela gassosa l'umidità che, condensando, viene allontanata precipitando al contempo sostanze nocive e corrosive presenti nel flusso gassoso stesso.

Desolforazione

Quando i livelli di idrogeno solforato sono elevati è necessario prevedere dei sistemi di abbattimento integrativi, ad umido o a secco, della sola deumidificazione.

Per quanto riguarda i *sistemi ad umido*, questi possono essere assimilati alle torri di lavaggio (scrubber) normalmente utilizzate per la depurazione delle emissioni gassose. Tali sistemi devono essere installati prima della sezione di deumidificazione.

Un primo sistema utilizza una reazione chimica, generalmente in condizioni di pressione e temperatura ambiente. Il trattamento consiste nel lavaggio con una soluzione basica, che neutralizza l'H_2SO_4, composto altamente corrosivo e quindi pericoloso per gli impianti di utilizzazione, formato dall'H_2S. Una successiva fase di lavaggio acido permette di neutralizzare l'eccesso di base prima dello scarico della soluzione. Il principale vantaggio di questo sistema è la semplicità, ma il costo dei reattivi e del trattamento dell'acqua scaricata ne riduce l'impiego industriale.

Un altro sistema, poco diffuso, consiste nel lavaggio con acqua sotto pressione che mette in soluzione l'H_2S insieme alla CO_2. Tale miscela viene poi rilasciata in una successiva fase di stripping.

Il *sistema* di desolforazione *a secco* prevede un processo di trattamento di tipo chimico e consiste nel far passare il biogas attraverso una sostanza adsorbente.

Una prima opzione consiste in un sistema che utilizza un adsorbente contenente ossidi di ferro in grado di interagire con l'acido solfidrico e captarlo in modo da separarlo dal biogas.

Un'altra opzione prevede l'utilizzo del carbone attivo.

Il volume della massa desolforante dipende dai seguenti parametri:

- concentrazione dell'H_2S nei gas da trattare
- pressione e temperatura (normalmente condizioni ambiente)
- velocità di attraversamento del gas nella massa adsorbente
- tempo di contatto massa – gas
- ciclo di sostituzione dell'adsorbente.

I due sistemi si differenziano in quanto la rigenerazione dell'ossido di ferro è più facile rispetto a quella del carbone attivo. Infatti, l'ossido di ferro si riforma dalla reazione con l'aria e con l'acqua in cui si libera lo zolfo solido che viene trascinato via. Una semplice filtrazione permette la sua eliminazione. La sostituzione della massa di ossido di ferro si deve effettuare solo dopo molti cicli di rigenerazione.

Nel caso del carbone attivo, invece, la rigenerazione richiede l'utilizzo di solventi e, anche se viene condotta a regola d'arte, il carbone rigenerato perde parte della sua efficacia rispetto a quello di partenza, pertanto il costo della rigenerazione e la sostituzione frequente del carbone attivo rendono questa soluzione applicabile solo nei casi in cui si ha una concentrazione molto ridotta in H_2S.

Un terzo sistema consiste nell'utilizzo di un biofiltro nel quale risiedono numerose specie di microrganismi in grado di degradare i composti solforati, in questo caso, la depurazione del gas dipende principalmente da porosità, temperatura, pH, umidità e dalla concentrazione di H_2S nella fase gassosa.

Nonostante i costi di gestione siano contenuti, questo sistema non è ancora molto utilizzato industrialmente.

Processi di rimozione della CO_2

In alcuni casi può essere utile effettuare anche dei trattamenti per la rimozione o riduzione del contenuto di CO_2, finalizzati ad aumentare il tenore in metano del biogas.

I processi più utilizzati, che devono essere installati solo dopo la rimozione dell'H_2S, sono:

- assorbimento della CO_2 in acqua con successivo strippaggio ed emissione in atmosfera (il più semplice e meno costoso a parte il costo di compressione);
- impiego di membrane semipermeabili, in grado di lasciare passare la CO_2 e di trattenere il CH_4.

Utilizzo del biogas
Essendo la produzione di biogas continua, tutti i sistemi di raccolta ed utilizzo devono essere automatici.
La produzione di biogas avviene alla pressione del digestore, generalmente vicina alla pressione atmosferica. Dal momento che lo stoccaggio ed il trasporto richiedono una compressione importante e quindi costi non trascurabili, si cerca in genere di utilizzarlo per la produzione di una forma di energia direttamente utilizzabile sul sito di produzione o con costi di trasporto ridotti.
Parte del biogas prodotto viene utilizzato per gli autoconsumi dell'impianto, mentre la restante parte può essere utilizzata per la produzione di energia da cedere all'esterno.
In particolare, per quanto riguarda gli usi interni, una parte (dal 15 al 25% dell'energia prodotta), può essere utilizzata per il riscaldamento dei digestori ed, eventualmente, per coprire il fabbisogno di energia elettrica dell'impianto (cogenerazione di calore ed elettricità). L'utilizzo del biogas per il riscaldamento è variabile in funzione della stagione e del momento nella giornata; il riscaldamento è in genere attivo quando è in corso il caricamento del digestore.
Il biogas in eccesso può essere valorizzato con diverse modalità, alcune delle quali particolarmente sviluppate. Di seguito vengono riportate le principali possibilità di utilizzo:

- produzione di calore sotto forma d'acqua calda, di vapore o d'aria calda, per il riscaldamento, l'essiccazione e processi industriali (disidratazione di percolati di discariche). Rendimento medio: 80-85%. Questa scelta comporta l'esistenza di un impiego locale (condomini per abitazione collettiva o terziaria, rete di teleriscaldamento, industrie).
- produzione di elettricità, generalmente con motori a gas, eventualmente con turbine a vapore o turbine a gas per gli impianti di più ampia capacità. Rendimento medio: 30-35%.
- produzione combinata di calore e di elettricità (cogenerazione). Rendimento medio: 80-85%, 50% per calore e 35% per elettricità.

Esistono anche altre filiere emergenti, quali:

- produzione di carburante per veicoli;
- produzione di gas naturale per iniezione nella rete pubblica di trasporto e distribuzione;
- produzione di freddo, per esempio con macchine ad assorbimento (industrie agro-alimentari);
- utilizzo in forni industriali come combustibile primario o ausiliario.

La soluzione più comunemente adottata è rappresentata dalla produzione combinata di calore e di elettricità.
Tra i vari sistemi utilizzabili per la cogenerazione, che si differenziano tra loro per il tipo di motore termico impiegato per la generazione di potenza meccanica e quindi elettrica, si ricordano:

- turbina a vapore;
- turbina a gas;
- motori alternativi a ciclo Diesel;
- motori alternativi a ciclo Otto.

Per quanto riguarda la scelta tecnica del sistema di cogenerazione possono valere le seguenti considerazioni.
Le taglie degli impianti più frequentemente adottate, in termini di portata di trattamento dei rifiuti e di conseguenza per quanto riguarda le potenze, portano ad escludere l'utilizzo di impianti con turbine a vapore.
Anche le turbine a gas, per quanto riguarda i loro rendimenti elettrici, inferiori nella media di circa 10 punti percentuali rispetto ai motori alternativi, non sembrano costituire la soluzione ottimale. Inoltre il loro utilizzo è stato fino ad oggi limitato dal fatto che non esistono sul mercato turbine di piccola capacità, in grado di accettare ampie variazioni di quantità e qualità del combustibile.

La soluzione più conveniente consiste nella scelta di motori alternativi a ciclo Diesel ed a ciclo Otto.
Il biogas prodotto dal digestore deve essere utilizzato in continuo, pertanto il dimensionamento di tutte le apparecchiature deve essere fatto tenendo conto dei periodi di fermata necessari per l'esecuzione delle operazioni di manutenzione programmata.
Il gruppo di produzione di energia deve essere dimensionato sulla portata totale di produzione, incluse le punte, detratte le quantità di gas destinate all'utilizzo interno dell'impianto.
Una volta definito il dimensionamento teorico dell'impianto di produzione di energia, il numero di gruppi sarà scelto in funzione della flessibilità richiesta e della taglia dei gruppi disponibili sul mercato.
Le apparecchiature in commercio garantiscono rendimenti di conversione dal 30 fino al 45% a seconda della taglia del motore e del gas di alimentazione.
Al fine di ottenere una certa flessibilità, è consigliabile prevedere almeno due gruppi, pertanto la taglia unitaria dei motori scende a livelli in cui il rendimento prevedibile è compreso tra il 32 e il 36%. Per l'alternatore, un rendimento elettrico usuale è del 95%. Il rendimento complessivo dei gruppi può essere considerato normale tra il 30 e il 34% ed è tanto maggiore quanto più grande è la taglia.

Sistemi di accumulo del biogas
Per rendere compatibili le cinetiche di produzione di biogas con quelle di utilizzo è necessario installare un sistema di accumulo.
Il volume e la pressione devono essere determinati in funzione di una valutazione costi-benefici, cercando una soluzione di compromesso tra il costo d'investimento e di gestione, principalmente dovuto alla compressione del biogas, ed il beneficio derivante dalla vendita dell'energia prodotta.
Per non arrivare a volumi e a costi troppo sostenuti, lo stoccaggio deve essere limitato alla quantità necessaria per ammortizzare le punte di produzione (per esempio volume uguale ad un'ora di produzione), e deve essere realizzato a bassa pressione.
Tutte le tubazioni ed i serbatoi di stoccaggio del biogas devono essere realizzati a perfetta tenuta, in modo da evitare possibili infiltrazioni d'aria che potrebbero dar luogo ad esplosioni dovute al suo carattere altamente infiammabile.

Torcia di sicurezza
In tutti gli impianti con produzione di biogas è necessario prevedere la presenza di una torcia di emergenza che garantisca la combustione del biogas prodotto.
Il dimensionamento della torcia deve essere fatto in modo tale da consentire non solo la combustione della portata normale del biogas, ma anche dei quantitativi provenienti dall'eventuale svuotamento rapido di tutti gli stoccaggi.
La torcia di sicurezza deve consentire la combustione del biogas in condizioni di emergenza assicurando:

- il mantenimento di valori di temperatura adeguati a limitare l'emissione di inquinanti e la produzione di fuliggine;
- l'omogeneità della temperatura all'interno della camera di combustione;
- un adeguato tempo di residenza del biogas all'interno della camera di combustione;
- un sufficiente grado di miscelazione tra biogas ed aria di combustione;
- un valore sufficientemente elevato della concentrazione di ossigeno libero nei fumi effluenti.

Al fine di conferire al sistema una maggiore affidabilità la torcia deve essere dotata di sistemi automatici di accensione e controllo della fiamma.

Il tempo di funzionamento deve essere calcolato tenendo conto dei tempi di manutenzione dei gruppi.

B) Disidratazione dei fanghi

Durante la fase di digestione anaerobica la materia secca volatile si trasforma in biogas e quindi fuoriesce dal digestore, mentre nella massa rimane un fango, più liquido che all'ingresso, con valori di sostanza secca dell'ordine del 20-25% per i processi a secco e del 5-10% per i processi liquidi, costituito dalla materia non digerita e dalla maggior parte dell'acqua.
Tale fango deve essere sottoposto ad un trattamento di disidratazione, al fine di ottenere un prodotto più concentrato (circa 45% di materia secca), avente caratteristiche fisiche compatibili con la successiva fase di stabilizzazione aerobica.
A seconda della qualità dei rifiuti trattati, del tipo di processo (secco, semi-secco o liquido) e del destino della materia stabilizzata, il sistema di disidratazione dei fanghi digeriti può essere realizzato mediante pressa a vite, centrifuga o nastropressa, oppure mediante una opportuna combinazione di queste apparecchiature.
La scelta deve essere fatta in funzione della granulometria delle particelle dure, del tenore in materia secca del materiale da inviare alla stabilizzazione aerobica e del tenore in materia secca dell'acqua di processo in relazione con il suo destino.
In tabella 13 sono riportate le caratteristiche delle apparecchiature citate in termini di percentuale di materia secca ottenuta nelle due frazioni separate.

Tabella 11: Caratteristiche delle apparecchiature di disidratazione

Tipo di macchina	% MS frazione secca	% MS frazione liquida
Pressa a vite	40-55%	10-20%
Centrifuga	25-35%	3-8%
Nastro-pressa	30-40%	1-3%

Pressa a vite

E' generalmente utilizzata per la disidratazione di fanghi provenienti da processi di digestione a secco. Infatti è l'unica macchina in grado di disidratare un fango derivante dal trattamento di rifiuti urbani con particelle solide aventi dimensioni superiori ai 20-30 mm.
La vite, che gira all'interno di un tubo filtro, deve produrre uno sforzo importante per vincere la resistenza del tappo idraulico che ritiene la materia in uscita. E' proprio questa pressione generata sulla materia tra la vite ed il tappo che spinge l'acqua attraverso i fori del tubo filtro. La robustezza di questi elementi e la loro resistenza all'abrasione sono determinanti nella scelta dell'apparecchiatura.
Nonostante le precauzioni per il rivestimento anti-abrasione, la manutenzione gioca un ruolo molto importante nel funzionamento regolare della pressa.
Le presse a vite devono essere sempre installate almeno in due esemplari con un fattore di sovradimensionamento almeno del 50%.
Il diametro dei fori e la portata richiesta definiscono la lunghezza della zona di pressatura e quindi la potenza richiesta mentre il diametro dei fori e la pressione di servizio definiscono il tenore in materia secca del sugo.

Centrifuga

Questa macchina, più comunemente utilizzata nel trattamento dei fanghi, può essere utilizzata sia direttamente per la disidratazione del materiale in uscita dal digestore, sia come trattamento complementare del sugo proveniente da una pressa a vite.
La potenza installata sarà funzione della portata e della quantità di materia secca da estrarre.

Nastro-pressa

Questo filtro, diffuso anche nel settore del trattamento dei fanghi, può essere utilizzato sia direttamente per la disidratazione del materiale in uscita da un digestore funzionante con un processo di tipo liquido, sia per il trattamento complementare del sugo dopo una pressa a vite o dopo una centrifuga, al fine di ottenere un refluo con caratteristiche migliori.
La potenza installata sarà funzione della portata e della quantità di materia secca da estrarre.
Il flusso liquido separato con le varie apparecchiature contiene ancora particelle fini di materia secca e/o organica e deve essere opportunamente trattato per raggiungere i parametri compatibili con il suo impiego.
Una parte del liquido può essere utilizzata come diluente per preparare la miscela in ingresso ai digestori, importante soprattutto nel caso di trattamento di rifiuti urbani. Per l'utilizzo come diluente, la frazione liquida deve avere un tenore in materia secca generalmente inferiore al 5% per evitare l'aumento continuo del tenore in particelle fini nella massa in fermentazione che sbilancerebbe il processo. La restante parte deve essere opportunamente convogliata ad un impianto di depurazione.

C) Stabilizzazione e raffinazione del fango digerito

Il fango digerito prodotto dalla fase di metanizzazione risulta in genere non completamente stabilizzato, a causa del ridotto tempo di residenza dei rifiuti all'interno del reattore. A tale scopo deve essere prevista una successiva fase di stabilizzazione aerobica, finalizzata al completamento della degradazione della materia organica, più difficilmente degradabile, ed all'ottenimento dell'igienizzazione del materiale. Il grado di maturazione richiesto dipende dall'utilizzo finale del prodotto stabilizzato.
Generalmente il fango digerito viene sottoposto ad un trattamento di stabilizzazione che si sviluppa in due fasi:

- biossidazione accelerata;
- post-maturazione.

Poiché il materiale organico ha già subito una parziale degradazione, i tempi di permanenza nel reparto di stabilizzazione aerobica potranno essere contenuti entro i 30-45 giorni.
A seconda del destino finale del biostabilizzato può essere richiesta una raffinazione del materiale, da realizzare dopo la fase di biossidazione accelerata o, in alternativa, dopo la postmaturazione.

D.3.5 Stoccaggio finale

D.3.5.1 Stoccaggio del prodotto stabilizzato con trattamento aerobico

Consiste nella conservazione del prodotto finito in cumuli all'aperto, sotto tettoia o in silos.
Nel caso del biostabilizzato, una volta giunto a completa maturazione, a seguito della fase di finissaggio, il prodotto è pronto per essere avviato all'utilizzazione finale. Tuttavia l'uso e, quindi, la vendita del prodotto finito avvengono solitamente su base stagionale, e pertanto la stazione di trattamento dovrà dotarsi di aree e strutture sufficienti per stoccaggi del prodotto finito derivante da almeno sei mesi di produzione.
Lo stoccaggio del prodotto finito può essere realizzato sia all'aperto, che in strutture coperte, ed anche in questo caso le condizioni climatiche del sito influenzeranno la scelta. La dimensione dei cumuli di stoccaggio del biostabilizzato non risente più dei limiti imposti sia in fase di biossidazione accelerata, sia in fase di post maturazione. Tuttavia, tenendo conto dei rischi derivanti dai fenomeni di autocombustione, specialmente durante i mesi estivi, i cumuli non dovrebbero mai superare l'altezza di 3-4 m.

Dal punto di vista impiantistico occorre prevedere:

- nel caso di silos a torre, adozione di presidi ambientali costituiti da depolveratori con mezzi filtranti a secco;
- pavimentazione idonea alla pulizia e al recupero dei reflui;
- sistemi di gestione atti ad evitare la dispersione eolica del materiale.

D 3.5.2 Digestione anaerobica: utilizzo e stoccaggio del biogas

Tali aspetti sono stati descritti nel paragrafo D.3.4.2

D.4 I presidi ambientali

I metodi scelti per il controllo delle emissioni odorigene dipendono dalla sorgente degli odori, dal grado di abbattimento degli odori richiesto e dalle caratteristiche dei composti responsabili delle emissioni maleodoranti stesse. Gli interventi per la riduzione degli odori devono comprendere sia misure di prevenzione, che sistemi di trattamento delle emissioni. In aggiunta agli accorgimenti, di seguito riportati, esplicitamente mirati alla captazione degli odori a livello delle diverse sorgenti od al trattamento delle emissioni, il rigoroso monitoraggio ed il controllo del processo aiuteranno ad evitare l'instaurarsi di condizioni anaerobiche e, di conseguenza, a limitare il rilascio di odori. Anche se il trattamento biologico in bioreattori pone tendenzialmente minori problemi di emissioni maleodoranti, nondimeno, in questi casi, il processo dovrà essere governato correttamente. Infine, una accurata scelta della localizzazione della stazione dell'impianto ed il coinvolgimento attivo delle popolazioni interessate, sia nelle fasi di progettazione, che durante la gestione dell'impianto, possono contribuire a minimizzare i problemi derivanti dal rilascio di odori.

In linea generale i sistemi di controllo degli odori possono essere distinti in sistemi di dispersione dell'odore residuo (alti camini di emissione, elevate velocità di emissione e pre diluizione delle arie esauste con portate d'aria aggiuntive) o di abbattimento del potenziale odorigeno. La strategia dell'abbattimento è quella prevalentemente utilizzata nel contesto europeo.

Tale strategia prevede l'adozione di presidi per la canalizzazione e il trattamento delle arie odorigene nelle prime fasi del processo, ma nel caso di impianti che trattino ingenti quantità di matrici fortemente fermentescibili e/o siano collocati in vicinanza di insediamenti abitativi è bene che siano adottate ulteriori misure contro la potenziale diffusione di odori quali ad esempio:

- chiusura delle aree operative destinate alle prime fasi di processo;
- canalizzazione delle arie esauste provenienti da tali aree verso una linea di trattamento odori;
- dimensionamento adeguato dei biofiltri e/o degli scrubber;
- la corretta gestione dei sistemi di deodorizzazione.

Le tecnologie industrialmente disponibili per il trattamento delle arie esauste si basano su principi adottati nella depurazione degli inquinanti contenuti nelle emissioni gassose di impianti industriali. Tali tecnologie si suddividono principalmente in: abbattimento *chimico-fisico (*combustione termica/catalitica, adsorbimento, ossidazione chimica, assorbimento chimico) e abbattimento *biologico* (ossidazione biologica).

<u>Abbattimento chimico-fisico</u>

Tra i processi di abbattimento chimico-fisico la **combustione** può rappresentare un sistema efficace per l'abbattimento di sostanze odorose di natura organica. Tra le diverse tecnologie evolutesi in campo industriale per far fronte alle esigenze delle varie attività produttive, le principali, attualmente in uso, sono la combustione termica rigenerativa e la combustione rigenerativa catalitica.

In un impianto di combustione termica l'aria inquinata, opportunamente preriscaldata, viene immessa in un bruciatore che, operando a temperature prossime a 800°C, ossida completamente la sostanza organica a CO_2 e H_2O. I fumi caldi attraversano una camera di recupero di calore la quale, a cicli alterni e grazie al calore immagazzinato, diviene camera di preriscaldamento.

Nella combustione **senza fiamma**, più adatta al trattamento di reflui ad elevata concentrazione di composti organici volatili (COV), l'abbattimento avviene per ossidazione degli inquinanti su un letto di materiale refrattario eventualmente completato da una superficie catalitica, riscaldato a temperature comprese tra 260 e 450°C. Anche in questo caso esistono due camere per il preriscaldamento ed il recupero del calore dai fumi in uscita, che si scambiano periodicamente le funzioni per inversione della direzione dei flussi d'aria. In condizioni ottimali di funzionamento, il

calore fornito dallo scambiatore è sufficiente a raggiungere la temperatura di innesco del catalizzatore, limitando in questo modo i consumi energetici.
Le soluzioni più recenti, delle tecnologie descritte, consentono elevati livelli di sicurezza, una riduzione del rischio di emissione di composti, quali gli NO_x, legati alle elevate temperature di processo ed il raggiungimento dell'ossidazione completa a costi sempre più competitivi. Quali che siano le metodologie, esse tuttavia sono sempre caratterizzate da una notevole dotazione di apparati per il controllo e regolazione della combustione, e di sistemi di sicurezza che elevano i costi di investimento e le complessità di gestione. Per questa ragione, nelle condizioni tipiche degli effluenti da impianti di trattamento biologico, risultano essere ancora troppo onerose se confrontate con altri sistemi in grado offrire efficienze di abbattimento analoghe.
I processi di **adsorbimento,** su carbone attivo o altri substrati, possono dare, se opportunamente dimensionati, rendimenti di abbattimento delle sostanze odorose molto elevati (>95%). In questo processo fisico il refluo gassoso attraversa uno strato di granuli di sostanze porose ad alta superficie per unità di peso (carbone attivo, silicagel, zeoliti, ecc) che trattengono i diversi composti chimici odorigeni. Il materiale ha una capacità di adsorbimento limitata, all'esaurimento della quale deve essere smaltito o rigenerato. La rigenerazione, basata sul deadsorbimento termico, avviene generalmente a distanza dall'impianto di depurazione, esistendo, ad esempio nel caso dei carboni attivi, un pericolo di esplosività legato all'instabilità del sistema. La tecnologia non è pertanto adatta, a causa degli elevati costi di gestione, laddove sussista la necessità di frequenti rigenerazioni del materiale, ovvero nei casi di reflui ad elevate portate o ad alta concentrazione di inquinanti.
Recenti sviluppi hanno portato alla realizzazione di impianti particolarmente adatti per solventi presenti a basse concentrazioni che, avvalendosi di prodotti adsorbenti di nuova concezione ad alta stabilità, sia chimica che meccanica, permettono di adsorbire a freddo e di deadsorbire a temperatura programmata i solventi che, concentrati, possono essere poi bruciati in condizioni di autosostentamento direttamente in loco, senza cioè bisogno della movimentazione del materiale.
Generalmente, le tecniche di abbattimento di odori molesti attraverso **ossidazione chimica** e **assorbimento in soluzioni chimiche,** sono accomunate dall'apparato tecnologico che più diffusamente ne consente l'applicazione, detto torre di lavaggio o **scrubber**. Il principio generale di questi abbattitori si basa su leggi aerodinamiche e più precisamente sul raggiungimento di un intimo contatto e miscelazione tra la corrente di aria inquinata e un liquido in controcorrente. Questo comporta il trasferimento dalla fase gas alla fase liquida delle componenti inquinanti presenti nella miscela, mediante dissoluzione in opportuno solvente. Il liquido assorbente base è l'acqua. L'impiego di sola acqua, però, pone dei limiti all'efficienza dei sistemi perché diversi composti, fonte di odore, sono scarsamente idrosolubili.
Il lavaggio ad acqua ha una elevata efficacia solo per i composti spiccatamente idrosolubili quali ammoniaca, alcoli, acidi grassi volatili; altri composti come i composti clorurati, le ammine, l'acido solfidrico, i chetoni e le aldeidi sono scarsamente solubili in acqua. Composti solforati fortemente odorigeni come il dimetildisolfuro oltre ai terpeni e idrocarburi aromatici sono insolubili.
Per tali composti insolubili in acqua si rende necessario l'utilizzo di reagenti chimici, che possono operare una neutralizzazione o una idrolisi acida o basica, oppure una ossidazione in fase gassosa o liquida. L'ossidazione chimica è una delle tecniche più utilizzate per l'abbattimento degli odori, poiché la maggior parte dei composti che causano odori molesti hanno origine dalla decomposizione solo parziale di materiale organico e possono essere ossidati in modo relativamente facile a composti innocui o comunque meno fastidiosi.
Il processo di assorbimento avviene ponendo a contatto il flusso gassoso da trattare con lo specifico liquido assorbente; gli scrubber devono essere dimensionati in modo da garantire tempi di permanenza e superfici di contatto adeguate per la rimozione richiesta. E' necessario, inoltre, migliorare l'assorbimento mediante la nebulizzazione del liquido o la creazione di film sottili con grande superficie di contatto riempiendo le torri di lavaggio con corpi di riempimento di varie forme e dimensioni.

Perché avvenga lo scambio tra le due fasi, devono essere soddisfatte due condizioni, la prima è che ci sia un sufficiente tempo di contatto tra di esse, e la seconda che la concentrazione di inquinanti della fase liquida, sia maggiore della concentrazione di equilibrio tra le due fasi.
Quanto maggiore è la superficie di scambio e la differenza di concentrazione tra le due fasi, e tanto più efficiente sarà il funzionamento dell'impianto di lavaggio.
Per quanto attiene la *superficie di contatto* tra fase liquida e fase solida i fattori più rilevanti sono i seguenti:

- volume della torre di lavaggio
- dimensione delle gocce di liquido
- presenza di corpi di riempimento, loro forma e dimensione
- volume di acqua ricircolata nell'unità di tempo
- presenza di turbolenze all'interno della torre.

La dimensione delle gocce di liquido viene determinata dal tipo di spruzzatori adoperati che possono essere, in ordine decrescente di dimensioni delle gocce, semplici spruzzatori simili a quelli utilizzati nell'irrigazione, nebulizzatori a media pressione, o atomizzatori. Gocce più piccole hanno una maggiore superficie di scambio a parità di volume di liquido, tuttavia a questo vantaggio si contrappone una crescente complessità tecnica e costi gestionali più elevati. Infatti, se con gli spruzzatori è sufficiente la pressione di rete per l'alimentazione dell'acqua, con i nebulizzatori occorre una apposita pompa di mandata, e per gli atomizzatori è indispensabile addolcire l'acqua ed utilizzare aria ad elevatissima pressione per il corretto funzionamento.
I corpi di riempimento hanno il vantaggio di non richiedere alcuna tecnologia, tuttavia necessitano di periodici svuotamenti e lavaggi pena l'intasamento dello scrubber ad opera dei microrganismi che si formano su di essi fino a formare un unico ammasso impenetrabile all'aria. Tale operazione è in generale piuttosto disagevole e necessita comunque di un fermo dell'impianto.
Infine, è importante anche il volume d'acqua ricircolata, in quanto a parità degli altri fattori, il fatto di avere un maggior numero di gocce in circolazione migliora indubbiamente lo scambio.
La presenza di turbolenze nella torre rende più omogenea la distribuzione dei flussi di aria e acqua, a tutto vantaggio dell'efficienza di scambio.
Dal punto di vista delle *concentrazioni relative tra le due fasi*, necessarie al funzionamento, entrano in gioco altri fattori. Queste, infatti, non devono avere dei valori assoluti, ma dipendenti dalle caratteristiche chimico fisiche delle due fasi. Possiamo elencare i seguenti parametri che entrano in gioco:

- temperatura dell'aria da purificare
- temperatura del bagno di lavaggio
- presenza o meno del ricircolo
- presenza di reagenti nei bagni di lavaggio
- presenza di tensioattivi.

Senza entrare nel dettaglio, si può comprendere facilmente che la percentuale di abbattimento di inquinanti dipende da diversi parametri, molti dei quali non controllabili dall'operatore quali ad esempio temperatura dell'aria da trattare e gli effetti di volano termico esercitati dai bagni di lavaggio tra il giorno e la notte. La temperatura dei bagni occorre che sia al di sotto di alcune soglie limite, superate le quali non si riesce più a trattenere in fase liquida le sostanze da abbattere.
Il trattamento mediante ossidazione chimica prevede che nella torre venga fatta circolare una soluzione acquosa di un ossidante chimico; tra i più utilizzati sono i composti del cloro, l'ozono e l'acqua ossigenata.
Nei casi in cui la concentrazione dell'inquinante da abbattere sia molto elevata, la sola ossidazione chimica richiederebbe una notevole quantità di ossidante, elevando in tal modo il costo di gestione. In questo caso è necessario un lavaggio per assorbire e quindi trasferire alcuni componenti dalla fase gassosa a quella liquida. L'assorbimento può essere puramente fisico, se si è in presenza di una semplice dissoluzione nell'assorbente, o chimico se il soluto reagisce con l'assorbente o con reagenti in esso disciolti.

I reagenti vengono adoperati per aumentare l'efficienza di abbattimento e così pure i tensioattivi in presenza di sostanze idrofobe. Essi, infatti, permettono di fissare alla fase liquida sostanze che altrimenti sfuggirebbero completamente alla azione dello scrubber.
Nel caso degli odori generalmente la natura e la complessità delle molecole richiedono impianti di abbattimento multi-stadio, con diverse soluzioni di lavaggio.
Ovviamente uno scrubber ha anche un'ottima efficacia nei confronti delle polveri presenti nell'aria, che vengono abbattute completamente. Spesso la funzione di depolverazione ed umidificazione dell'aria sono il motivo principale per cui si inserisce uno scrubber nel sistema di abbattimento.
I risultati possono essere soddisfacenti, tuttavia l'abbattimento ottenuto con questo metodo presenta una serie di necessità tecnologiche per il corretto funzionamento che portano ad elevare il costo di investimento e di gestione fino a livelli non competitivi con altri metodi. A corredo di tali sistemi, infatti, è necessario disporre di serbatoi contenenti i vari reagenti, di dosatori dei prodotti, di pompe di ricircolo con propri circuiti completi di tubazioni e di tutti gli strumenti di controllo delle varie reazioni. Va ricordato, inoltre, che le acque di lavaggio sature sono generalmente smaltite con difficoltà e a costi elevati.
Gli scrubber vengono raramente adottati da soli, dal momento che la diversa natura delle arie esauste (elevati volumi, basse concentrazioni, ampia variabilità di composizione) da sottoporre al trattamento comporta un limite all'efficacia di un sistema di natura chimico fisica. Più spesso, sono adottati in combinazione con i biofiltri e, generalmente, a monte degli stessi, allo scopo di "limare" i picchi di concentrazione odorosa che si registrano in occasioni, ad esempio, dei rivoltamenti. In tal caso al biofiltro è assegnato il ruolo di "finissaggio" delle arie pretrattate dallo scrubber onde conseguire le basse concentrazioni di odore prescritte dalle norme.

Ossidazione biologica

Biofiltri

L'applicazione **dell'ossidazione biologica** per l'abbattimento delle emissioni gassose, nell'ultimo decennio ha trovato ampia diffusione nel settore del trattamento dei rifiuti contenenti materia organica.
I biofiltri sono stati originariamente concepiti per il trattamento di composti odorigeni e di sostanze volatili tossiche, (es. solventi organici) presso un'ampia varietà di impianti industriali. Con l'espansione del trattamento aerobico, quale metodo di trattamento e recupero di rifiuti organici, il campo di impiego di questi sistemi si è grandemente dilatato, stimolando la messa a punto di nuove soluzioni tecnologiche oggi disponibili sul mercato.
Le condizioni di miglior funzionamento dei sistemi biologici si hanno ad una concentrazione medio bassa di sostanze organiche nell'effluente da depurare. Tali condizioni sono tipiche degli effluenti originati da processi di trattamento biologico di rifiuti organici.
Lo schema generale di un apparato per biofiltrazione consiste, di un sistema di adduzione dell'aria contenente i composti odorigeni ad una unità riempita con un substrato particolato filtrante costituito da materiali quali corteccie, legno triturato, compost maturo, terreno od anche da materiale inerte, che consenta la formazione di uno strato di biomassa microbica attiva (biofilm) in grado di degradare i composti da trattare presenti nelle emissioni. È importante sottolineare che, la colonizzazione e le attività metaboliche avvengono all'interno del biofilm, ossia la pellicola d'acqua che si crea attorno alle particelle della matrice solida di cui il biofiltro è costituito. In particolare, i microrganismi di un biofiltro non fanno altro che completare la degradazione della sostanza organica di partenza di cui i composti odorosi sono composti intermedi di degradazione.
Il flusso da trattare viene finemente distribuito attraverso il mezzo filtrante mediante una rete di tubi dotati di piccoli fori di diffusione posta al fondo del biofiltro. Per evitare l'occlusione dei fori da parte della sovrastante colonna di matrice filtrante, la rete di tubi diffusori è, di solito, immersa in uno strato di ghiaia od altro materiale poroso, dotato di resistenza meccanica allo schiacciamento.
L'aria, carica di odori in entrata al biofiltro, viene, generalmente, umidificata in modo da evitare la disidratazione del substrato biologicamente attivo.

Come il flusso odorigeno si diffonde attraverso il mezzo filtrante, i composti gassosi responsabili degli odori vengono adsorbiti alla superficie delle particelle dove vengono degradate dai microrganismi che ne colonizzano la superficie. Le matrici filtranti contengono un'elevata carica microbica, di norma nell'ordine, rispettivamente, di 10^9 batteri ed attinomiceti e di 10^5 funghi per grammo di materiale. Questi microrganismi ossidano i composti odorigeni in anidride carbonica, acqua e forme minerali inodori di azoto e zolfo, prima che il flusso d'aria fuoriesca dal biofiltro. Le matrici di riempimento dei biofiltri costituiscono il supporto fisico per le cellule microbiche e, nel caso di substrati organici quali il compost, anche come fonte di nutrienti per i microrganismi che degradano i composti odorigeni. D'altra parte, quando i biofiltri sono riempiti con matrici particolate inerti, il substrato di crescita per i microrganismi è costituito dalle stesse molecole odorigene che devono essere abbattute. In questi casi è però necessaria una fase preliminare di attivazione del biofiltro, il quale viene alimentato con un flusso gassoso umido contenente sostanze organiche e minerali in grado di sostenere la colonizzazione delle particelle da parte di un abbondante flora microbica, a questo punto in grado di mineralizzare i composti odorigeni nel flusso gassoso oggetto di trattamento. Oltre alla necessaria presenza dei catalizzatori biologici (i microrganismi), la biofiltrazione si avvale di due importanti fenomeni che sono, l'adsorbimento e l'assorbimento. L'adsorbimento è il processo per cui le molecole volatili odorigene, gli aerosol ed, eventualmente, il particolato in sospensione nel flusso gassoso sono trattenuti e si concentrano sulla superficie delle particelle della matrice filtrante a seguito di attrazioni molecolari. L'assorbimento è, invece, il processo per cui i composti gassosi odorigeni si dissolvono nel sottile film acquoso che contorna la superficie delle particelle del materiale filtrante. Come i microrganismi ossidano le sostanze responsabili degli odori, i siti di adsorbimento all'interno della matrice di riempimento del biofiltro tornano ad essere disponibili per catturare nuove molecole di composti odorigeni trasportati dal flusso d'aria. Ciò determina l'auto-sostentamento del processo, prolungando la capacità filtrante del biofiltro.

In sintesi, è possibile operare una generale distinzione tra sistemi di biofiltrazione aperti e sistemi chiusi.

In un biofiltro aperto, la matrice filtrante viene normalmente posta in apposito contenitore collocato sulla superficie del suolo o in una vasca scavata nel terreno. In entrambi i casi, al fondo della struttura aperta di contenimento è sistemato il sistema di tubazioni per l'adduzione del flusso gassoso da trattare, ospitato in un letto di gaia. In entrata al biofiltro, può essere collocata, se necessaria, la sezione di umidificazione del l'aria in ingresso. La vasca viene poi riempita con la matrice filtrante.

Un sistema di biofiltrazione chiuso è, invece, simile ad un vero e proprio bioreattore, completamente isolato dall'ambiente esterno, solitamente fuori terra, nel quale viene fatta passare l'aria oggetto di trattamento. Al fondo del biofiltro, i tubi di adduzione del flusso gassoso sono collocati in un intercapedine sovrastata da un setto metallico dotato di fori, sul quale è sistemato il mezzo filtrante. Quest'ultimo può essere arrangiato come un unico letto continuo ovvero disposto lungo l'altezza del reattore su ripiani, anch'essi dotati di fori, in modo da ottenere, all'interno del biofiltro, più strati di letto filtrante intercalati da settori vuoti. Finalmente, il flusso gassoso trattato fuoriesce dalla testa del reattore, nella quale viene mantenuto uno spazio in cui può essere eventualmente presente un sistema di nebulizzatori per l'umidificazione dell'aria e la possibile distribuzione di soluzione nutriente sulla matrice filtrante.

La tipologia di biofiltro da adottare dipenderà dalla disponibilità di spazio presso la stazione di trattamento, dalle condizioni climatiche del sito di insediamento dell'impianto e dalle risorse finanziarie. I biofiltri aperti richiedono, ovviamente, maggiori superfici e non sono indicati per situazioni di elevata piovosità. I biofiltri chiusi, ancorché più efficienti e controllabili, sono però decisamente più costosi.

Per un efficace controllo degli odori mediante l'impiego di biofiltri, è fondamentale considerare alcuni aspetti gestionali che possono prevedere anche sistemi di pretrattamento quali:

- rimozione del articolato;

- regolazione della temperatura che potrebbe essere necessaria per raggiungere il range ottimale per l'attività batterica compreso tra i 20-40°C;
- umidificazione, parametro che condiziona maggiormente l'efficienza del biofiltro, infatti i microrganismi richiedono adeguate condizioni di umidità per il loro metabolismo; condizioni di scarsa umidità possono portare alla cessazione dell'attività biologica, nonché, al formarsi di zone secche e fessurate in cui l'aria scorre, in vie preferenziali, non trattata. Un biofiltro troppo umido provoca, invece, problemi di trasferimento di ossigeno al biofilm, creazione di zone anaerobiche, lavaggio di nutrienti dal mezzo filtrante, formazione di percolato. Il contenuto di umidità ottimale del mezzo filtrante è nell'ordine del 40-60%. Va considerato, inoltre, che il metabolismo microbico genera esso stesso calore, che tende a determinare una essiccazione del materiale filtrante determinando congiuntamente una situazione di elevata capacità evaporativa da parte del flusso d'aria da trattare, per questo, in alcuni casi, il flusso in ingresso viene pretrattato per mantenerlo saturo di umidità;
- assicurare una omogenea distribuzione del flusso, sia attraverso la predisposizione di un sistema di distribuzione efficace al di sotto del letto di biofiltrazione, che mediante la prevenzione del compattamento della biomassa filtrante;
- mantenere un'adeguata capacità tampone del mezzo filtrante nei confronti del pH in modo da prevenire fenomeni di acidificazione, dovuta, per esempio, ad un eccessivo accumulo di solfati.

In sede di progettazione è, inoltre, fondamentale garantire il dimensionamento efficace dei letti di biofiltrazione. I parametri da considerare per il corretto dimensionamento sono il tempo di ritenzione e il carico specifico inteso come il quantitativo di aria da trattare nell'unità di tempo per unità di superficie, o meglio di volume. E' inoltre importante definire le altezze massime e minime del letto di biofiltrazione: spessori troppo contenuti sono maggiormente esposti al disseccamento ed alla formazione di canalizzazioni differenziali; altezze eccessive espongono invece maggiormente al rischio di compattamento.
In tabella 12 sono presentati i valori della capacità massima di rimozione relativa a differenti matrici filtranti, nei confronti di alcuni composti odorigeni trattati in biofiltro.
Nella tabella 13 sono riportate le efficienze dei biofiltri presenti nel BREF corrispondenti a particolari intervalli di concentrazione.

Tabella 12: Tassi di rimozione relativi ad alcuni composti odorigeni, passati attraverso biofiltri contenenti matrici filtranti differenti (da Williams & Miller 1992*b*).

COMPOSTO	Tasso massimo di rimozione
Metilformiato	35 g/kg p.s. di mezzo[1]/die
Idrogeno solforato	5 g S/ kg p.s. di mezzo[1]/die
Butilacetato	2,14 g/ kg p.s. di torba/die
Butanolo	2,41 g/ kg p.s. di torba/die
n-butanolo	2,40 g/ kg p.s. di compost/die
Etilacetato	2,03 g/ kg p.s. di torba/die
Toluene	1,58 g/ kg p.s. di torba/die
Metanolo	1,35 g/ kg p.s. di mezzo[1]/die
Metantiolo	0,9 g S/ kg p.s. di torba/die
Dimetil disolfuro	0,68 g S/ kg p.s. di torba/die
Dimetil solfuro	0,38 g S/ kg p.s. di torba/die
Ammoniaca	0,16 g N/ kg p.s. di torba/die

Note: [1] non altrimenti specificato, con densità apparente di 200 kg/m^3 p.s., peso secco.

Tabella 13: Efficienza di ritenzione dei biofiltri per alcuni intervalli di concentrazione dei principali composti dei trattamenti meccanico – biologici.

	Concentrazione ($\mu g/m^3$) min – max	**Efficienza (%) min – max**	**Concentrazione ($\mu g/m^3$) min – max**	**Efficienza (%) min – max**	**Concentrazione ($\mu g/m^3$) min – max**	**Efficienza (%) min – max**
Acetaldeide	2100 - 2500	78 - 89	46 – 740	89 – 96	4.900 – 6.100	99
n -Butilacetato	150 – 425	97 – 99	30 – 120	83 - 96	170 - 980	73 - 99
Etilbenzene	250 – 310	12 - 42	60 – 190	27 – 61	250 – 740	16 – 43
2 – Etiltoluene	180 – 220	33 - 41	25 – 105	14 - 89	80 – 270	25 – 55
3,4 - Etilltoluene	480 – 640	23 - 45	70 – 260	38 – 96	230 – 1.000	48 – 77
Limonene	1.700 – 4.300	29 - 40	810 – 2.200	94 – 98	1.300 – 3.700	30 - 63
Toluene	490 – 550	16 – 39	130 – 280		460 – 1.000	7 – 36
m/p – Xylene	850 – 1.400	9 – 42	280 - 620	30 – 71	720 – 2.000	19 - 45
o – Xylene	260 – 290	23 - 41	60 – 150	7 - 63	160 – 650	20 - 45
Acetone	2.450 – 2.900	99 - 100	1.200 – 2.800	99 – 100	4.700 – 8.200	93 - 97
2 – Butanone	960 – 2.800	99 – 100	80 – 770	94 – 99	370 – 11.000	95 – 100
Etanolo	5.200 – 5.300	100	88 – 750	94 – 99	14.000 – 18.000	100
α - Pinene	370 – 700	8 – 44	280 – 790	53 – 83	560 – 930	5 - 39
β - Pinene	330 - 800	12 - 44	120 - 300	53 - 81	230 - 490	38 - 49

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [132 UBA, 2003]

Bioscrubber

I bioscrubber, ancora poco diffusi rispetto ai biofiltri, sono costituiti generalmente da una struttura di lavaggio dotata di un letto di corpi di riempimento ad elevato rapporto superficie/volume, attraverso la quale passa l'effluente gassoso da trattare, solitamente in controcorrente rispetto al flusso di acqua che viene fatta circolare, in modo da assicurare il massimo contatto fra fase gassosa e fase liquida. Sui corpi di riempimento, così come nell'acqua, si sviluppa un fango attivo (composto da biomassa microbica) che degrada e ossida sostanze odorose.

I bioscrubber sono preferiti ai biofiltri in presenza di concentrazioni medio-alte di composti inquinanti, in quanto presentano un più rapido adattamento a variazioni di composizione del gas inquinato e consentono inoltre un più agevole controllo del processo, dal momento che, attraverso l'emissione convogliata, è possibile un più semplice monitoraggio delle caratteristiche dell'aria trattata e l'aggiunta di correttivi (regolatori di pH) e nutrienti (N, P, K) alla soluzione di lavaggio. Non da ultimo, a parità di volumi d'aria trattati, le superfici occupate sono sensibilmente inferiori a quelle richieste dalla tradizionale biofiltrazione.

La gestione richiede una esperienza e professionalità maggiori di quelle previste per i più semplici sistemi di biofiltrazione; la tecnologia trova pertanto una scarsa applicabilità in impianti medio-piccoli.

Analogamente ai biofiltri, anche per i bioscrubber è necessario mantenere un habitat ottimale per i microrganismi, soprattutto attraverso il controllo del pH e della temperatura, cercando di evitare di avviare al bioscrubber composti tossici, effettuando un corretto dimensionamento della torre di lavaggio e del sistema di irrorazione del materiale di riempimento, riducendo al minimo le perdite di carico, effettuando periodici controlli di processo per evitare malfunzionamenti.

Al fine di evitare il formarsi di zone asciutte e di intasamenti, particolarmente importante è l'uniformità di distribuzione della soluzione di lavaggio sui corpi di riempimento. Deve essere previsto un adeguato scarico della soluzione assorbente satura e reintegro con acqua pulita per evitare la formazione di eccessi di sali e di depositi biologici, che possono portare a malfunzionamenti.

Analogamente alle torri di lavaggio chimico, il processo richiede un particolare impegno tecnico nella gestione; un ulteriore svantaggio è costituito dagli elevati volumi di acque di risulta, che possono di norma essere riciclate insieme alle acque di processo, ma in certe fasi dell'anno richiedono uno smaltimento in specifici impianti.

Efficacia ed applicazioni dei sistemi biologici di abbattimento degli odori

Gli studi riportati fino ad ora nella letteratura tecnica e scientifica sull'impiego dei biofiltri assommano a più di un migliaio. I principali contributi sono stati forniti da autori tedeschi, olandesi ed in minore misura anche da altri paesi quali la Svizzera, il Giappone e l'Austria. Nell'ultimo decennio sono comparse anche esperienze italiane.
Molte applicazioni hanno riguardato anche il controllo di singoli inquinanti o di miscele di composti presenti nelle emissioni di impianti chimici, fonderie, industrie alimentari, allevamenti zootecnici, impianti di trattamento delle acque reflue e dei rifiuti. Tutte queste attività emettono grandi quantità di reflui gassosi che contengono basse concentrazioni (tipicamente meno di 1.000 ppm espresse come metano) di specifici inquinanti organici.

Lo studio di recenti applicazioni in campo industriale nel nostro Paese confermano quanto riportato dalla letteratura evidenziando le notevoli potenzialità applicative della biofiltrazione nell'ambito del risanamento ambientale.
La valutazione dell'efficacia dei sistemi di abbattimento e/o contenimento delle emissioni odorose viene effettuata con il calcolo del rapporto percentuale della differenza delle Unità Odorimetriche prima e dopo il trattamento di biofiltrazione.

Dall'analisi della letteratura emerge che i composti degradabili, tramite i processi di biofiltrazione, possono essere funzionalmente e schematicamente suddivisi in:

a) composti inorganici, prevalentemente rappresentati da ammoniaca ed idrogeno solforato;
b) composti maleodoranti, costituiti da miscele in bassa concentrazione di composti dello zolfo (metil ed etilmercaptani), ammine (metil, etilammine), composti carbonilici (aldeidi, chetoni) ed acidi grassi a catena corta (propionico, butirrico, ecc.);
c) composti organici di diversa natura chimica (idrocarburi alifatici, aromatici, eterociclici, ecc.);
d) composti alifatici alogeno-sostituiti quali idrocarburi alifatici clorurati.

Secondo numerosi studi a livello internazionale (tabella 14), l'efficienza nell'abbattimento di questi inquinanti varia a seconda del carico totale di sostanza per unità di volume di letto filtrante ed in funzione del tempo di contatto dell'effluente con il materiale filtrante; in ogni caso, i valori medi stimati possono essere compresi nell'intervallo 50 – 90%, con punte per alcune sostanze facilmente biodegradabili, quali alcoli, eteri, aldeidi, chetoni, esteri ed idrocarburi aromatici monociclici, intorno al 99%.

Tabella 14: Efficienza di rimozione per diversi composti odorosi in un biofiltro ("ODOR CONTROL - Completing the Compostitzg Process", INTERNATIONAL PROCESS SYSTEMS, INC.)

Composto odoroso	Tasso di rimozione %
Aldeidi	92-99,9
Ammine, ammidi	92-99,9
Ammoniaca	92-95
Benzene	>92
Limonane	96
Monossido di carbonio	90
Dimetilsulfide	91
Etanolo, di acetile, metilacetilcarbinolo	96
Acido solfidrico	98-100
Isobutano, n-butano	95-98
Mercaptani	92-95
Acidi organici	99,9
Sulfuri e disolfuri organici	90-99,9
Idrocarburi poliaromatici	95-100
Propano	92-98
Diossido di zolfo	97-99
Terpeni	>98

Va anche rilevato che il grado di rimozione dei singoli composti per mezzo di biofiltri negli impianti di trattamento meccanico – biologico non è molto elevato in alcuni casi.
Per NMTOC (Non Methane TOC) essi raggiungono una efficienza del 40 – 70%.
Per il metano l'efficienza è pressoché nulla.
L'efficienza dei biofiltri nella rimozione dei singoli composti presenti nelle arie esauste degli impianti di trattamento meccanico - biologico è quindi: buona per gli NMTOC (es. acetone, acetaldeide, etanolo), moderata per BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni) e nulla per CFC.
Le efficienze per la parziale degradazione dell'NH_3 possono essere migliorate tramite l'utilizzo di scrubbers con impiego di acidi (es. Acido solforico per l'assorbimento dell'ammoniaca).

E. DESCRIZIONE DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO PER LA INDIVIDUAZIONE DELLE BAT, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO, OVE DISPONIBILI, ALLE CONCLUSIONI DEI BREF

Nel presente capitolo vengono riportate, in forma sintetica, le tecniche e i processi che, ad oggi, minimizzano le emissioni e gli impatti sull'ambiente e rappresentano l'utilizzo migliore e più sostenibile delle risorse economiche e ambientali e che possono essere ritenute le più idonee per la definizione delle BAT (Best Available Techniques) relative al trattamento biologico dei rifiuti, riportando ove esistenti i risultati dei lavori a livello europeo **("Best Available Techniques for Waste Treatments Industries")**

E.1. Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

I vantaggi del riciclo dei materiali vanno valutati attraverso un'analisi ambientale costi benefici che tiene conto degli impatti totali evitati e di quelli aggiuntivi dovuti all'operazione di riciclo.
I criteri che orientano la scelta delle BAT consistono nel senso di ricercare:

- il massimo rendimento degli impianti riferito all'uso dell'energia e alla quantità di materiali recuperati ai fini del riciclo;
- le minime emissioni con particolare riguardo alla produzione di rifiuti.

La scelta delle tecnologie impiegate negli impianti di trattamento biologico dei rifiuti, deve essere finalizzata ad una destinazione definita e certa di recupero o smaltimento per i flussi di materiali e per gli scarti in uscita.
I processi realizzati dagli impianti devono garantire i livelli di qualità del materiale come richiesto dalle filiere di recupero a valle del trattamento e devono realizzarle con il minimo impatto complessivo. Le prestazioni delle singole macchine componenti l'impianto devono essere definite in relazione alla qualità del materiale in ingresso e alla capacità di trattamento delle singole apparecchiature. Ogni macchina deve essere impiegata per una specifica funzione dichiaratamente espressa nelle specifiche di fornitura: la semplificazione degli schemi di processo determina sempre un aumento di affidabilità complessiva e una maggiore costanza della produzione e quindi della qualità del prodotto.

La stabilizzazione biologica è un processo che può essere coadiuvato da una molteplicità di opzioni tecnologiche (fattori di scelta). Nella molteplicità degli approcci possibili, è importante, comunque, che le scelte progettuali e gestionali tengano conto delle condizioni poste al quadro operativo al contorno (localizzazione, capacità operative, tipologia di materiali trattati, etc.) al fine di massimizzare l'efficacia di processo e minimizzare i disturbi ambientali.
Va dunque ricercata la coerenza tra:

a) tipologia della matrici da trattare;
b) situazione territoriale;
c) sistema di processo (connotati tecnologici del progetto);
d) criteri gestionali.

E' importante in ogni modo sottolineare che le condizioni di scelta tra le diverse tecnologie *devono comunque tenere conto di tutti gli altri fattori legati alla specificità locale,* quali (a titolo esemplificativo e non esclusivo): il grado di meccanizzazione desiderato; la prevista disponibilità (in percentuale sulla miscela in ingresso) di materiale strutturale; le sinergie con iniziative operative

di altro tipo (aziende zootecniche, piattaforme ecologiche, ecc.); il grado di presidio ambientale necessario, ecc.

E.2 Aspetti tecnici e tecnologici del Trattamento Meccanico – Biologico

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici e tecnologici delle fasi di stoccaggio, pre-trattamenti e post – trattamenti, essi sono stati già descritti nel Paragrafo D.3.
Di seguito vengono approfonditi quelli relativi alle operazioni di trattamento aerobico e anaerobico dei rifiuti, nonché alle principali operazioni e tecnologie utilizzate nei presidi ambientali.

E.2.1 Aspetti tecnici e tecnologici del Trattamento Aerobico

In linea generale, le tecnologie adottate devono prevedere:

- sistemi di filtrazione dell'aria in uscita per minimizzare le emissioni di particolato;
- la riduzione delle emissioni di azoto, ottimizzando il rapporto C/N;
- il controllo della portata di aria mediante un circuito stabilito; la concentrazione di CO_2 deve essere controllata nei vari segmenti (per es. ogni 2,5 m);
- il ricircolo dell'aria per incrementare la concentrazione nell'aria di composti del carbonio; ciò rende possibile la combustione termica come fattibile alternativa ad un biofiltro; in queste condizioni solo 3.000 Nm^3 di aria/t di rifiuto devono essere trattati;
- le specifiche dei flussi in ingresso;
- il posizionamento delle andane in modo tale da facilitare le operazioni di movimentazione;
- l'uso dell'acqua in modo efficiente; un attento bilancio è utile per valutare la saturazione delle andane e la formazione del percolato;
- la costruzione di superfici pavimentate impermeabili nelle zone di movimentazione dei macchinari e prevedere anche spazio sufficiente per la raccolta dei reflui;
- sistemi di raccolta dei reflui con sistemi di ricircolo del percolato nelle andane per mantenere il corretto contenuto di umidità e per facilitare il trattamento dei reflui;
- il trattamento dell'acqua di condensazione tramite bioreattori e sistemi di filtrazione: l'acqua così depurata può essere usata come acqua di processo nel sistema di refrigerazione e viene poi evaporata in una torre di raffreddamento;
- il riutilizzo delle acque di processo o dei residui fangosi all'interno del processo;
- utilizzo come combustibile solido del deposito solido accumulatosi sui filtri del sistema di trattamento dell'aria;
- isolamento dal punto di vista termico del soffitto dell'area di decomposizione attiva nei processi di tipo aerobico in modo da minimizzare la formazione di condensato.

Ad influenzare l'adozione di un sistema di trattamento aerobico, piuttosto che un altro sono però anche la quantità di rifiuto da stabilizzare, la disponibilità di spazio per il trattamento, l'entità dell'investimento stanziato per le strutture impiantistiche, l'incidenza della manodopera sull'operatività del sistema, la dislocazione topografica del sito destinato alla stazione di trattamento ed una molteplicità di considerazioni di carattere ambientale, infrastrutturale e sociale. Sulla base di queste necessità, non è possibile stabilire a priori quale filiera di trattamento biologico sia più confacente alle esigenze di un determinato contesto. Tuttavia, anche se l'obiettivo di una corretta stabilizzazione aerobica dei rifiuti organici può essere raggiunto attraverso strategie impiantistiche diverse, è opportuno tenere ben presenti i limiti associati alle specifiche soluzioni, evitando l'adozione di sistemi non appropriati di trattamento, sulla base della mera economicità dell'intervento.

La fase di biossidazione si caratterizza per la degradazione spinta delle frazioni organiche putrescibili. Il processo deve essere condotto con l'ausilio di sistemi di aerazione forzata e/o di metodi di rivoltamento della biomassa, finalizzati ad incrementare lo scambio d'ossigeno tra la matrice organica e l'atmosfera.
Per il corretto svolgimento di tale fase, i principali parametri di processo devono essere mantenuti su valori ottimali, adottando soluzioni impiantistiche idonee.
Un quadro riassuntivo delle principali tecnologie utilizzabili e dei parametri di processo è riportato nelle tabelle seguenti.

Tabella 15: Fase di biossidazione: parametri di processo

Parametri di processo	Biostabilizzazione	Bioessiccazione
Temp. massime (°C)	70	70
Temp minime (°C)	55 per almeno 3 giorni	55 per almeno 3 giorni
Umidità (% tal quale)	> 50 %*	Non significativa
Ossigeno (% v/v)	> 10 %	> 10 %
Densità apparente (t/m^3)	< 0.7	< 0.7

Note:* per il trattamento di rifiuti tal quali, i valori di umidità ottimali possono assumere valori inferiori al 45%.

Tabella 16: Fase di biossidazione: parametri impiantistici

Parametri impiantistici	Biostabilizzazione	Bioessiccazione
Recupero reflui	Si	Si
Irrorazione della biomassa	Si	No
Aerazione della biomassa	Generalmente Forzata*	Forzata
Aerazione della biomassa nella fase di trasformazione	Naturale/Forzata	/
Localizzazione	Al chiuso	Al chiuso
Captazione e trattamento dell'aria	Si	Si
Igienizzazione	Biomassa a 55°C per almeno 3 giorni	Biomassa a 55°C per almeno 3 giorni
Strumentazione per controllo processo	Si	Si

Note:* se presente

Tabella 17: Fase di biossidazione: principali sistemi tecnologici adottabili

Sistema	Vantaggi	Indicato per
Chiuso	Maggiore efficacia dei presidi ambientali Controllo delle condizioni di processo	Matrici ad elevata putrescibilità
Aperto	Minori costi di costruzione e gestione	Matrici a bassa putrescibilità
Dinamico	Rimescolamento della biomassa con riproduzione delle condizioni ottimali di porosità e struttura della matrice	Matrici a bassa percentuale di strutturante (tendenti all'autocompattamento)
Statico	Ridotta e più graduale dissipazione dell'umidità; mantenimento dell'integrità dei miceti fungini coinvolti nella degradazione delle componenti lignocellulosiche	Matrici con buon grado di strutturazione e non eccessivamente umide
Ad aerazione Naturale	Economicità	Matrici a bassa fermentescibilità ed a elevata porosità
Ad aerazione forzata	Aerazione ottimale della biomassa	Matrici ad elevata fermentescibilità e scarsa porosità

Tabella 18: Fase di biossidazione: tecnologie più diffuse per le singole tipologie di processi biologici

Processo biologico	Tecnologie più diffuse
Biostabilizzazione	in cumuli o corsie, al chiuso, con aerazione forzata
	in bioreattori o biocontainer a funzionamento continuo o discontinuo
Bioessiccazione	in cumuli o corsie, al chiuso, con aerazione forzata
	in bioreattori o biocontainer a funzionamento continuo o discontinuo

Nella fase di **biossidazione accelerata** le caratteristiche impiantistiche minime da garantire sono:

- mantenimento in depressione degli edifici preposti alla biossidazione (la depressione si intende garantita con un minimo di 3 ricambi/ora. Per le strutture dedicate alla biossidazione, laddove si prevedano sistemi di processo dinamico e la presenza non episodica di addetti, vanno previsti quattro ricambi/ora);
- invio al presidio ambientale dell'effluente gassoso;
- dotazione della strumentazione idonea al controllo dell'andamento del processo e comunque della temperatura, misurata e registrata con frequenza giornaliera;
- presenza di sistemi di raccolta dei reflui liquidi;
- utilizzo di un gruppo di continuità per la fornitura di energia elettrica per il funzionamento dei sistemi di monitoraggio e controllo.

Il trattamento meccanico biologico con produzione di biostabilizzato con finalità agronomiche, come abbiamo visto, comprende, rispetto al Trattamento Meccanico Biologico tradizionale, altre operazioni aggiuntive quali la maturazione (eventuale) e la raffinazione per l'ottenimento di granulometrie di biostabilizzato idonee all'impiego in operazioni di ripristino. Nella fase di maturazione è auspicabile l'adozione dei seguenti accorgimenti impiantistici.

Tabella 19: Fase di maturazione: accorgimenti impiantistici consigliati

Parametri impiantistici	**biostabilizzazione**
Recupero dei reflui	Si
Irrorazione della biomasse	Si
Aerazione della biomasse	Naturale/forzata/rivoltamenti
Struttura al chiuso	Eventuale
Captazione e trattamento dell'aria	Facoltativa
Strumentazione per controllo processo	Si

Nella fase di **maturazione** si deve prevedere:

- il dimensionamento della sezione in modo da garantire, congiuntamente alla fase di Biossidazione Accelerata, un tempo totale di processo pari ad almeno 80 giorni;
- pavimentazione idonea alla pulizia e al recupero dei reflui (impermeabile e canalizzata);
- sistemi di gestione atti a evitare la dispersione eolica del materiale.

Una ulteriore classificazione, menzionata nel paragrafo D.3.3, rilevante ai fini della individuazione della tecnologia da adottare è quella tra i sistemi che propongono meccanismi periodici o continui di movimentazione della biomassa ("**dinamici**") e quelli che ne prevedono l'immobilità ("**statici**") . Occorre precisare che, essendo la movimentazione intesa, ai fini della valutazione processistica, come rimescolamento della massa e ricreazione delle condizioni di porosità e strutturazione, vanno considerati tendenzialmente statici quei sistemi che, pur traslando la massa, non ne provocano rimescolamento né ristrutturazione (per es. traslazione a pistone).
A titolo indicativo e tenuto conto anche delle condizioni medie di stagionalità della natura stessa dei materiali lignocellulosici si possono fornire i seguenti riferimenti operativi:

- impianti con tecnologia di tipo statico richiedono una miscela con almeno il 40% in peso di bulking lignocellulosico;
- impianti con tecnologia di tipo dinamico richiedono una miscela con almeno il 25 – 30% in peso di bulking lignocellulosici.

Particolari criteri gestionali, ad esempio una ottimizzazione del ricircolo degli scarti lignocellulosici (con una triturazione grossolana onde comportare un basso grado di mineralizzazione di tali minerali) possono giustificare percentuali più basse di materiali lignocellulosici in ingresso all'impianto (da dimostrare comunque in base ad una valutazione dei flussi di massa).

Altra importante distinzioni è quella tra sistemi **aperti** e sistemi **chiusi.** In questi ultimi il processo viene condotto in spazi confinati o in aree coperte e tamponate, con il duplice scopo di un migliore controllo delle condizioni processistiche e, soprattutto, di una migliore efficacia dei presidi ambientali.
L'affidabilità ed efficacia dei sistemi aperti per la conduzione del processo ed il contenimento degli impatti dipende da alcune condizioni di fondo:

- bassa fermentiscibilità delle matrici;
- elevata percentuale (>60 - 70% p/p) di strutturante lignocellulosico, che consente l'adozione di sistemi statici di trattamento – come già sopra specificato – evitando rilasci massicci di effluenti odorigeni collegati alle movimentazioni;
- inserimento delle iniziative in situazioni tipicamente rurali o semi – rurali.

L'adozione di sistemi aperti deve dunque, in linea generale, essere ipotizzata e prevista:

- negli impianti di trattamento di soli scarti verdi;
- negli impianti che per tipologie di rifiuti trattati risultano idonei per sistemi statici di trattamento;

- nei casi di impianti a capacità operative limitate ed in situazioni territorialmente favorevoli;
- nelle fasi del processo successive alla ricezione, pretrattamento e stabilizzazione accelerata in cui si verifica:
    - una diminuzione del potenziale odorigeno;
    - un minore consumo d'ossigeno;
    - minore sviluppo di calore.

Altra distinzione tecnologica è tra sistemi **aerati** e **non aerati**. L'aerazione forzata della biomassa è un importante fattore di ottimizzazione delle condizioni di processo nei sistemi intesi al trattamento di materiali a bassa consistenza e elevata fermentiscibilità. L'aerazione forzata consente di intervenire, oltre che sulla ossigenazione della biomassa, anche sui valori di temperatura e umidità. L'ottimizzazione della aerazione forzata dipende dal controllo di alcune grandezze fondamentali:

- la **portata di aria specifica** (p.a.s.) generalmente espressa in Normal Metri cubi per ora e per unità di peso della biomassa ($Nm^3/h*t$).
- La **proporzione tra tempi di accensione e spegnimento.** E' una abitudine operativa diffusa negli impianti quella della ventilazione intermittente della biomassa, allo scopo di consentire, durante i periodi di spegnimento, l'equalizzazione di umidità e temperatura nelle diverse zone della biomasse (l'aerazione in continuo può comportare invece stratificazioni più o meno estese).
- La **durata assoluta dei tempi di spegnimento delle soffianti**. Spesso si rilevano durate eccessive dei tempi di spegnimento, con abbassamento temporaneo delle concentrazioni di O_2 al di sotto dei limiti di massima velocizzazione del processo (15 – 17%) e di quelli di sostenibilità del processo aerobico stesso (10 – 12%). Tale effetto si può produrre per biomasse ancora "giovani" e metabolicamente attive, in un tempo relativamente breve, dell'ordine dei 20-30 minuti.

E 2.2 Aspetti tecnici e tecnologici della Digestione Anaerobica

I vantaggi e gli svantaggi delle varie tipologie di processi di digestione anaerobica nonché i principali parametri di esercizio sono stati dettagliatamente descritti nel Paragrafo D.2.2.
Di seguito si riportano le tabelle che indicano le rese dei vari processi di digestione anaerobica.

Tabella 20: Intervalli tipici per i valori dei parametri di processo e le rese dei processi wet

Parametro di processo	**Intervallo**
Solidi nel rifiuto trattato, % TS	10 fino al 15
Carico organico, kgVS/m3*d	2 – 4 fino a 6
Tempo di ritenzione idraulica, d	10 – 15 fino a 30
Rese del processo	
Produzione biogas, m^3/t di rifiuto	100 - 150
Produzione specifica di biogas, m^3/kgSV	0,4 – 0,5
Velocità di produzione del biogas, m^3biogas/m^3reattore*d	5 –6
Conenuto di Metano, % CH_4	50 - 70
Riduzione della sostanza volatile, %	50 – 60, fino a 75

Tabella 21: Intervalli tipici per i valori dei parametri di processo e le rese dei processi semi - dry

Parametro di processo	**Intervallo**
Solidi nel rifiuto trattato, % TS	15 - 20 fino al 25
Carico organico, kgVS/m^3d	8 - 12 fino a 18 in termofilia
Tempo di ritenzione idraulica, d	10 – 15
Rese del processo	
Produzione biogas, m^3/t di rifiuto	100 - 150
Produzione specifica di biogas, m^3/kgSV	0,3 – 0,5
Velocità di produzione del biogas, m^3biogas/m^3reattore*d	3-6
Conenuto di Metano, % CH_4	55 - 60
Riduzione della sostanza volatile, %	40 – 50, fino a 60

Tab.22: Intervalli tipici per i valori dei parametri di processo e le rese dei processi dry

Parametro di processo	**Intervallo**
Solidi nel rifiuto trattato, % TS	25 - 40
Carico organico, kgVS/m^3d	8 - 10
Tempo di ritenzione idraulica, d	25 30
Rese del processo	
Produzione biogas, m^3/t di rifiuto	90 - 150
Produzione specifica di biogas, m^3/kgSV	0,2 – 0,3
Velocità di produzione del biogas, m^3biogas/m^3reattore*d	2 – 3
Conenuto di Metano, % CH_4	50 - 60
Riduzione della sostanza volatile, %	50 - 70

Il criterio più adeguato per il dimensionamento del reattore è, ancora oggi, quello che considera il carico organico ed il tempo di residenza idraulico e dei solidi (ciò, per la difficoltà di modellazione del processo ed acquisizione delle costanti cinetiche, che permetterebbero un criterio più rigoroso).
Il dimensionamento effettuato solo sulla base del tempo di ritenzione non è sufficiente a garantire il rispetto delle specifiche di esercizio.
Un digestore dimensionato con un carico organico basso sarà caratterizzato da flessibilità di esercizio. Il sovradimensionamento del di gestore incide in misura limitata sui costi d'impianto.
Il dimensionamento effettuato sulla base del tempo di residenza volumetrica (HRT [d], Hydraulic Retention Time) non è sufficiente a garantire il rispetto delle specifiche di esercizio, ma può essere eseguito solo in prima approssimazione e deve servire come verifica della compatibilità tra la geometria del digestore ed il tipo di materia da trattare.
Un digestore, dimensionato con un carico organico basso, a cui corrisponde un volume del reattore elevato, è caratterizzato da una buona flessibilità di esercizio, in quanto permette di affrontare diverse capacità di trattamento. Inoltre, il sovradimensionamento incide in misura limitata sui costi d'impianto. Per contro le rese di processo (m^3 di biogas prodotto/m^3 di reattore-giorno) sono minori rispetto ai reattori ad alto carico.

Nella progettazione delle unità di digestione anaerobica è necessario anche prestare particolare attenzione agli aspetti costruttivi legati al sistema di miscelazione, al sistema di caricamento e scaricamento della miscela dal digestore ed alla movimentazione dei fanghi.

La miscelazione ha il compito di:
- favorire il contatto tra batteri e substrato;
- omogeneizzare le temperature;
- ottimizzare il rilascio di biogas;
- evitare la decantazione delle frazioni più pesanti.

L'omogeneizzazione del fango all'interno del digestore può essere condotta secondo due logiche:
a) miscelazione interna al reattore;
b) miscelazione esterna al reattore tramite ricircolo dei fanghi.

La tabella 23 indica i vantaggi e svantaggi dei sistemi di agitazione più utilizzati per digestori anaerobici. Le considerazioni condotte possono essere ritenute valide sia per il processo ad umido, che per il semi–secco.
Nel caso dei processi a secco, esistono in commercio diversi brevetti basati su diversi principi di funzionamento (iniezione di biogas in pressione, ricircolo esterno del digerito, fogge particolari del digestore, ecc.).
Il sistema di caricamento/scaricamento deve essere realizzato in modo tale che, durante le fasi di introduzione e di estrazione del materiale dal digestore, non si verifichi ingresso d'aria nella massa in fermentazione e fughe di materia o di biogas dal reattore.
Il sistema di scaricamento, nel caso si utilizzi il volume del digestore come polmone, deve permettere il dosaggio del materiale digerito alla fase successiva del processo.
Deve essere previsto inoltre un sistema di controllo allo scarico che impedisca accidentali svuotamenti del digestore.
Per quanto riguarda la movimentazione dei fanghi è necessario utilizzare particolari accorgimenti, tanto più importanti, quanto maggiore è il contenuto di solidi nella massa in alimentazione.
In particolare si possono fornire le seguenti indicazioni:
- il diametro delle tubazioni deve essere sempre superiore ai 3 pollici, anche nelle movimentazioni di portate ridotte;
- devono esser evitati gomiti stretti e restringimenti di sezioni;
- le pompe utilizzate devono essere di tipo volumetrico e senza restringimenti di diametro rispetto alle tubazioni;
- per il ricircolo dei fanghi possono essere utilizzate anche pompe dilaceratrici;

- devono essere previsti sistemi per il disintasamento, soprattutto in prossimità di pompe ed organi di intercettazione e controllo;
- devono essere previste valvole di sicurezza sulle linee principali.

Qualunque sia il sistema di caricamento/svuotamento e di movimentazione dei fanghi, il digestore deve essere dotato di un sistema di protezione alla pressione ed al vuoto.

Tabella 23: Tipi di agitatori per i digestori anaerobici

Tipo di mixer	Vantaggi	Svantaggi
Tutti i sistemi	Aumento della velocità di stabilizzazione	Corrosione e logorio dei materiali ferrosi Intasamento dovuto a stracci e materiali fibrosi
Iniezione di gas Lance montate sulla parte superiore del digestore	Minor manutenzione e minori ostacoli alla pulizia rispetto alle lance montate sul fondo Efficacia nel controllo delle schiume	Corrosione delle tubazioni. Alti costi di manutenzione per i compressori Problemi di intasamento. Problemi con i compressori nel caso di risalita delle schiume. Deposito di solidi
Diffusori di fondo	Miglior movimentazione degli strati bassi del digestore	Corrosione delle tubazioni. Alti costi di manutenzione dei compressori. Problemi di schiume. Possibilità di intasamento. Miscelazione non completa del digestore. Formazione di schiume. Depositi di fondo possono variare il profilo di miscelazione. Rottura dei tubi di fondo. Necessario lo svuotamento per la manutenzione.
Gas lifter	Migliore miscelazione e produzione di gas rispetto alle lance montate sulla parte superiore. Minor potenza assorbita	Corrosione delle tubazioni. Alti costi per la manutenzione dei compressori Corrosione del gas–lifter. Formazione di schiume. Miscelazione di superficie poco efficiente. Necessario lo svuotamento per la manutenzione. Intasamento delle lance
Agitatori meccanici Turbine a bassa velocità	Buona efficienza di miscelazione	Logorio delle pale. Intasamento a causa di stracci. Possibilità di perdite di gas nel sistema di tenuta dell'albero. Possibilità di lunghi periodi di sovraccarico Richiedono installazioni di potenza maggiori
Miscelatori a bassa velocità	Rottura delle croste	Non adatto per la miscelazione di tutto il digestore. Possibilità di perdite dalla tenuta dell'albero. Logorio delle pale Intasamento da stracci
Pompaggio meccanico (interno)	Buona miscelazione in senso verticale Bassa formazione di schiume	Sensibile al livello del liquame Corrosione delle parti in movimento delle pompe. Richiedono installazioni di potenza maggiori. Intasamento da stracci
Pompaggio meccanico (esterno)	Buona miscelazione in senso verticale Bassa formazione di schiume grazie al continuo pompaggio dello strato superficiale. Minori costi di manutenzione rispetto ai compressori	La pulizia completa richiede lo svuotamento. Possibilità di intasamento da stracci. Logorio delle parti in movimento
Insufflazione di biogas dal fondo	Valida anche nei sistemi ad alto contenuto di solidi	Maggiori costi energetici dovuti alla compressione del biogas

E.2.3 Aspetti tecnici e tecnologici dei presidi ambientali

Le emissioni di composti volatili sono intrinseche nei diversi processi di trattamento biologico.
Le fasi potenzialmente più odorigene sono ovviamente quelle iniziali del processo di bioconversione, durante le quali il materiale presenta ancora una putrescibilità elevata, ovvero i pre-trattamenti e gli stoccaggi iniziali delle matrici altamente fermentescibili.
Gli interventi di minimizzazione degli odori devono comprendere, sia misure di prevenzione, che l'adozione di sistemi di trattamento delle emissioni.
I sistemi di prevenzione sono basati sulla gestione della filiera di trasformazione.
Infatti, presso le stazioni di compostaggio, dove vengono trattati rifiuti organici da raccolta differenziata, è importante ridurre quanto più possibile i tempi di stazionamento delle matrici in questione sui piazzali di scarico e di stoccaggio transitorio. I responsabili della raccolta devono, perciò, provvedere affinché il materiale sia conferito all'impianto senza creare accumuli di matrice fresca che non sia immediatamente preparata per la fase di compostaggio attivo. A meno che l'impianto non funzioni anche su turni festivi, è quindi buona norma sospendere la ricezione dei rifiuti durante la pausa di fine settimana. Per il resto, gli altri accorgimenti che consentono di prevenire la possibile formazione di odori sono:

- un pronto allestimento dei cumuli, ovvero il rapido trasferimento della biomassa substrato nell'eventuale bioreattore;
- la verifica che la matrice in fase di biossidazione attiva sia nelle condizioni ottimali di aerazione, tali da evitare il formarsi di zone anaerobiche;
- l'attuazione degli eventuali turni di rivoltamento della biomassa substrato in coincidenza con venti favorenti la rapida diluizione e dispersione delle emissioni odorigene in direzione opposta a quella degli insediamenti civili;
- assicurare, laddove il trattamento aerobico avvenga in cumuli statici, la copertura degli stessi con uno strato superficiale (5-10 cm) di compost maturo;
- evitare la formazione di ristagni di percolato alla base dei cumuli o al fondo del bioreattore;
- il confinamento della fase attiva di trattamento in strutture chiuse, la cui aria possa essere captata e convogliata in speciali apparati di trattamento dei composti odorigeni.

La minimizzazione degli effluenti odorigeni si ottiene anche se si contengono fortemente le capacità operative (fino a 1.000 ton/anno) degli impianti e privilegiando i sistemi operativi che consentono una gestione poco odorigena dei processi anche a dimensioni superiori.
Nel secondo caso vanno dunque rispettate contestualmente le seguenti condizioni:

- la preferenza per sistemi *statici* o *semi-statici* di trattamento, in ragione della loro attitudine a liberare odori in misura sensibilmente inferiore rispetto ai sistemi con movimentazione frequente della biomassa;
- la predilezione per sistemi – ancorché decentrabili - "chiusi" o "semi-coibentati" mediante strutture o materiali di contenimento (es. container, teli semi-traspiranti), in ragione delle loro capacità di consentire un migliore controllo delle arie esauste e degli odori da essi veicolati;
- la necessità di predisporre iniziative *modulari* e facilmente *amovibili*, onde consentire una possibile evoluzione operativa del sito (od una sua dismissione una volta attrezzato un sito per la gestione centralizzata del flusso di scarto da trattare a servizio di un distretto allargato).

Laddove, in condizioni di corretta gestione del processo, le misure di prevenzione non risultino ancora adeguate ad un sufficiente controllo delle emissioni è possibile ricorrere a sistemi tecnologici più o meno sofisticati. Presupposto, affinché questi sistemi possano essere applicati, è che le emissioni siano intercettate. Ciò significa che le operazioni potenzialmente a rischio per la

formazione di odori dovranno essere condotte in ambiente confinato, dal quale sia possibile evacuare l'aria arricchitasi di composti maleodoranti.
Al fine di garantire l'annullamento delle molestie olfattive connesse all'immissione nell'ambiente delle arie aspirate dalle diverse sezioni, laddove viene previsto l'allestimento di edifici od ambienti chiusi, devono essere previsti:

- Aspirazione e canalizzazione delle arie esauste per l'invio al sistema di abbattimento degli odori.
- Numero di ricambi d'aria/ora uguale o superiore rispettivamente a 3 sia per le zone di stoccaggio e pretrattamento, capannoni di contenimento di reattori chiusi (fonte BREF), sia nei capannoni per la biostabilizzazione accelerata in cumulo/andana liberi. Per gli edifici deputati a processi dinamici e con presenza non episodica di addetti devono essere previsti almeno 4 ricambi/ora. Per le sezioni di maturazione finale, laddove allestite al chiuso, il numero minimo di ricambi/ora è pari a 2.

Le principali tipologie di apparati per l'abbattimento delle emissioni, oggi adottate presso gli impianti di trattamento meccanico-biologico a più elevato contenuto tecnologico, sono rappresentate essenzialmente dai *biofiltri* e dalle *torri di lavaggio* (*scrubbers ad umido*). Per il trattamento delle emissioni maleodoranti sono stati proposti anche l'*assorbimento* su carbone attivo od altri materiali ad elevata capacità di trattenimento o la *combustione* dei composti odorigeni. Questi ultimi sistemi, benché risultati molto efficaci, con rese di abbattimento intorno al 99%, non hanno tuttavia trovato pratica applicazione a causa degli eccessivi costi complessivi di trattamento.

Nel caso di utilizzo di *biofiltri*, un parametro fondamentale è la portata oraria specifica, ovvero la portata oraria che grava sull'unità di volume biofiltrante ($m^3/h*m^3$); un altro parametro importante è il tempo di contatto tra aria e letto filtrante, correlato all'altezza di quest'ultimo. Allo stato attuale non esistono valori imposti da normative nazionali e/o regionali, ma raccomandazioni e/o valori guida a cui gli organismi di controllo si attengono in sede di valutazione e approvazione dei progetti.
I valori di portata specifica che ricorrono sono compresi tra i 100 e i 500 $m^3/h*m^3$, a seconda dell'ambito regionale in cui si opera. Per quanto concerne il tempo di contatto, sono ritenuti valori accettabili quelli pari o superiori a 30 secondi (valore ottimale 45 secondi).
Nel dimensionamento e nella progettazione dei biofiltri, occorre prevedere:

- Costituzione del letto di biofiltrazione in modo da evitare fenomeni di canalizzazione dell'aria dovuti ad effetto bordo.
- Adeguato dimensionamento in modo da consentire l'abbattimento del carico odorigeno delle arie da recapitare all'esterno; allo scopo di garantire un tempo di contatto adeguato, il biofiltro va dimensionato sulla base di un rapporto con il flusso orario di effluenti gassosi da trattare pari ad almeno 1 m^3 (di letto di biofiltrazione) : 100 N m^3/h di effluenti gassosi da trattare (meglio ancora 1 m^3 : 80 Nm^3/h).
- Altezza del letto di biofiltrazione compreso tra 100 e 200 cm. (situazioni diverse saranno soggette a specifiche valutazioni)
- Il dimensionamento del sistema di convogliamento degli effluenti aeriformi all'impianto di abbattimento dovrà tener conto delle perdite di carico dovute all'eventuale impaccamento delle torri ad umido e/o alla porosità del mezzo biofiltrante.
- Costituzione modulare del biofiltro, con almeno 3 moduli singolarmente disattivabili per le manutenzioni ordinarie e straordinarie.
- L'eventuale copertura/chiusura dei biofiltri fissa o mobile nei seguenti casi: nel centro urbano (anche se l'impianto è dislocato in zona industriale); nelle immediate vicinanze del centro urbano (anche se l'impianto è dislocato in zona agricola); in zone ad elevata piovosità media (acqua meteorica > 2.000 mm/anno).

- L'efficienza di abbattimento minima del 99% in modo da assicurare un valore teorico in uscita dal biofiltro inferiore alle 300 U.O./ m^3. [2]
- Non la registrazione, ma solo la rilevazione nel controllo della misura di umidità relativa dell'aria in uscita dal biofiltro;
- Il controllo delle emissioni dai biofiltri che possono essere valutate attraverso l'analisi delle componenti inorganiche ed organiche. (Per quanto riguarda le prime, i marker comunemente utilizzati sono ammoniaca ed acido solfidrico; le analisi chimiche di tali composti vengono comunemente svolte seguendo metodi UNICHIM. Per quanto riguarda i composti organici, di scarsa rilevanza sotto il profilo tossicologico, i criteri che trovano sempre più diffusione a livello internazionale sono orientati ad una loro valutazione indiretta in base ai principi dell'olfattometria. A scopo di indirizzo si rimanda allo standard europeo EN 13725 al quale vanno conformati i principi ispiratori delle diverse determinazioni in merito alle emissioni.)

Nel caso di *scrubber* (torre d'assorbimento), si deve invece garantire:

- velocità di attraversamento $\leq$ 1 m/sec;
- tempo di contatto (rapporto tra volume del riempimento e portata specifica) non inferiore a 2 secondi;
- altezza minima del riempimento non inferiore a 70 cm;
- rapporto tra fluido abbattente ed effluente inquinante pari a 2: 1.000 espresso in m^3/Nm^3.

[2] Come valore in uscita dal biofiltro è stato indicato il valore di 300 UO/ m^3 in seguito all'analisi della normativa regionale esistente in materia di seguito riportata.

- **Regione Basilicata**: Linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio e di stabilizzazione 2002
- **Regione Lombardia** Linee Guida relative alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost - Revoca della d.g.r. 16 luglio 1999, n.44263
- **Regione Sicilia Bollettino Ufficiale Regione Sicilia** – n.27 Parte 1 del 14/6/02 Linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio

E.3 Aspetti ambientali

E.3.1 Impatto sull'ambiente

In linea di principio l'attività di recupero di materiali e di energia dai rifiuti permette di diminuire l'estrazione di materie prime minerali, il consumo di prodotti realizzati a partire da materie vergini e di combustibili convenzionali. La prevenzione della produzione dei rifiuti ed il loro riciclo sono da considerarsi prioritari secondo quanto disposto dalla Strategia Europea sulla gestione dei rifiuti e da tutti gli atti regolamentari e di indirizzo dell'Unione Europea.
Tali principi sono ripresi e meglio sviluppati nella recente Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005 "Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"- Com(2005)666 definitivo che ha lo scopo di individuare gli strumenti necessari ad imprimere un ulteriore sviluppo della prevenzione e del riciclo.
Secondo la Commissione Europea il bilancio ambientale complessivo delle attività finalizzate al riciclo dei rifiuti risulta positivo, anche se va verificato ulteriormente con metodologie del tipo L.C.A., è, comunque, necessario adottare tecnologie e tecniche in grado di assicurare un'elevata efficienza in termini di recupero effettivo dei rifiuti trattati.

La valutazione di impatto ambientale rappresenta un valido strumento tecnico amministrativo per valutare gli effetti sull'ambiente che la progettazione, la realizzazione e l'esercizio di tale tipologia di impianti determineranno e per individuare quali misure compensative devono essere adottate per ridurre al minimo i potenziali impatti negativi.
Se si analizzano gli impatti dovuti al trattamento biologico dei rifiuti si debbono considerare:

- emissioni/impatti odorigeni generati dalle fasi di ricezione delle materie prime, stoccaggio, pretrattamento e delle prime fasi di bioconversione;
- le emissioni di rumori, che possono essere importanti quando si usano macchine per riduzione volumetrica (trituratori, mulini, vagli);
- produzione polveri e particolato fine (polveri dotate di reattività biologica-bioparticolato, endotossine – tossine prodotte all'interno delle cellule di alcuni microrganismi e rilasciate a seguito degli involucri cellulari);
- il consumo di acqua e gli scarichi liquidi, normalmente limitati;
- consumo energetico;
- la produzione di rifiuti connessa a tali attività, che consiste piuttosto in una produzione di scarti delle materie recuperate;
- inserimento territoriale e paesaggistico.

In generale, i suddetti impatti si manifestano effettivamente solo in corrispondenza di una deficitaria progettazione, realizzazione o gestione degli impianti, pertanto possono essere efficacemente prevenuti o ridotti mediante l'adozione di particolari accorgimenti costruttivi, di opportuni dispositivi di abbattimento degli inquinanti ed infine tramite una corretta gestione di tutte le attività connesse all'impianto.

E.3.2. Bilancio di materia

La valutazione del **bilancio di materia**, inteso come definizione delle quantità dei vari flussi di materiali in ingresso ed uscita dall'impianto, è indispensabile per:

- dimensionare correttamente le varie sezioni di impianto;
- individuare una corretta logistica dei rifiuti in ingresso e dei materiali in uscita;

- valutare correttamente i rendimenti del processo e la produzione di scarti non recuperabili
- predisporre un bilancio economico dell'iniziativa.

Il bilancio di massa di un impianto/processo è inteso come rapporto tra masse in ingresso e le masse in uscita considerando le seguenti voci: prodotto, scarti, sottoprodotti.

I fattori che influenzano il bilancio di massa possono essere distinti in fattori progettuali e gestionali, infatti il bilancio varia a seconda del tipo di processo, è strettamente correlato alla natura dei rifiuti e alla conduzione dell'impianto. (vedi tabella 24).

Nelle figure successive sono riportati degli esempi indicativi di bilanci di materia per impianti, sia di trattamento meccanico biologico, che di impianti di digestione anaerobica con processo a secco ed ad umido.

Tabella 24 Fattori che influenzano il bilancio di massa – trattamento aerobico dei rifiuti

Fase del processo	Operazione	Fattore progettuale	Fattore gestionale
Pre-trattamenti	Rompisacchi	Portata massima e % di apertura dei sacchetti	Controllo della quantità e della qualità dei materiali introdotti
	Triturazione	Portata massima e pezzatura del materiale in uscita	Controllo della quantità e della qualità dei materiali introdotti
	Vagliatura	Dimensione dei fori Frequenza vibrazionale (se vibrante)	Inclinazione e velocità di rotazione del vaglio
Biossidazione	/	Tempo di residenza del materiale, modalità aerazione	Temperatura, aerazione ed umidità della biomassa.
Maturazione	/	Tempo di residenza del materiale, modalità aerazione	Temperatura, aerazione ed umidità della biomassa.
Post-trattamenti	Vagliatura	Dimensione dei fori Frequenza vibrazionale (se vibrante)	Inclinazione e velocità di rotazione del vaglio
	Separazione densimetrica	Portata massima Frequenza vibrazionale	Regolazione del flusso d'aria, umidità del materiale immesso

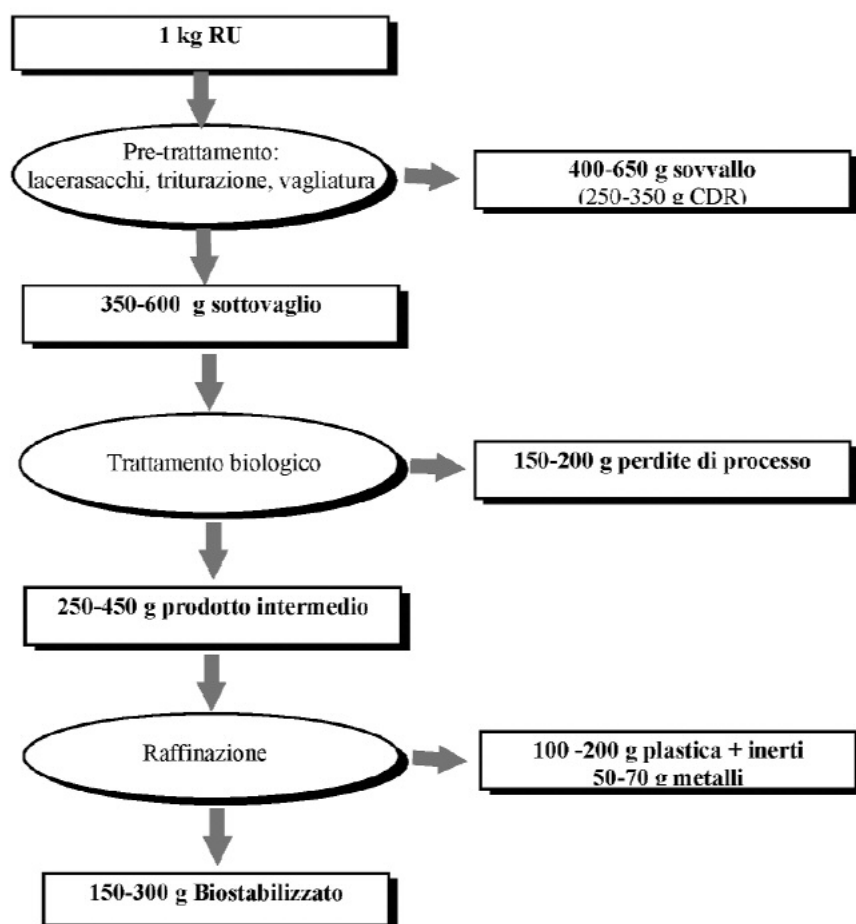



Figura 12: Bilancio di massa per impianto di trattamento meccanico biologico: biostabilizzazione

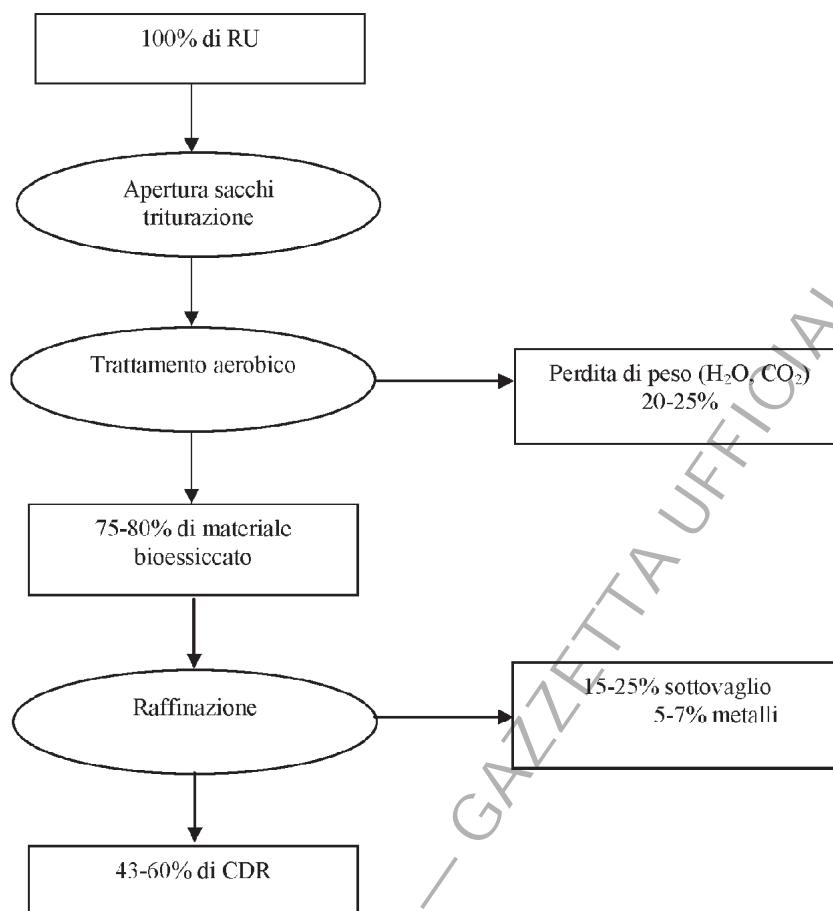



Figura 13: Bilancio di massa per impianto di trattamento meccanico biologico: Bioessiccazione

RIFIUTI URBANI

RICEZIONE
100 %

PRETRATTAMENTO
metalli 1-3%
inerti 5-10%
frazione combustibile 10-15%

FANGHI (opzione)
DILUENTI

PREPARAZIONE DEL SUBSTRATO

DIGESTIONE ANAEROBICA
biogas 10-15%
PRODUZIONE ENERGIA

acqua di processo

DISIDRATAZIONE

BIOSSIDAZIONE ACCELERATA
perdite

IMPIANTO DI DEPURAZIONE
5-10%

POST-MATURAZIONE
perdite

RAFFINAZIONE
metalli 0-2%
inerti 0-5%
frazione combustibile 5-10%

BIOSTABILIZZATO 20÷30%

Figura 14: Bilancio di massa di un impianto per rifiuti urbani con processo a secco

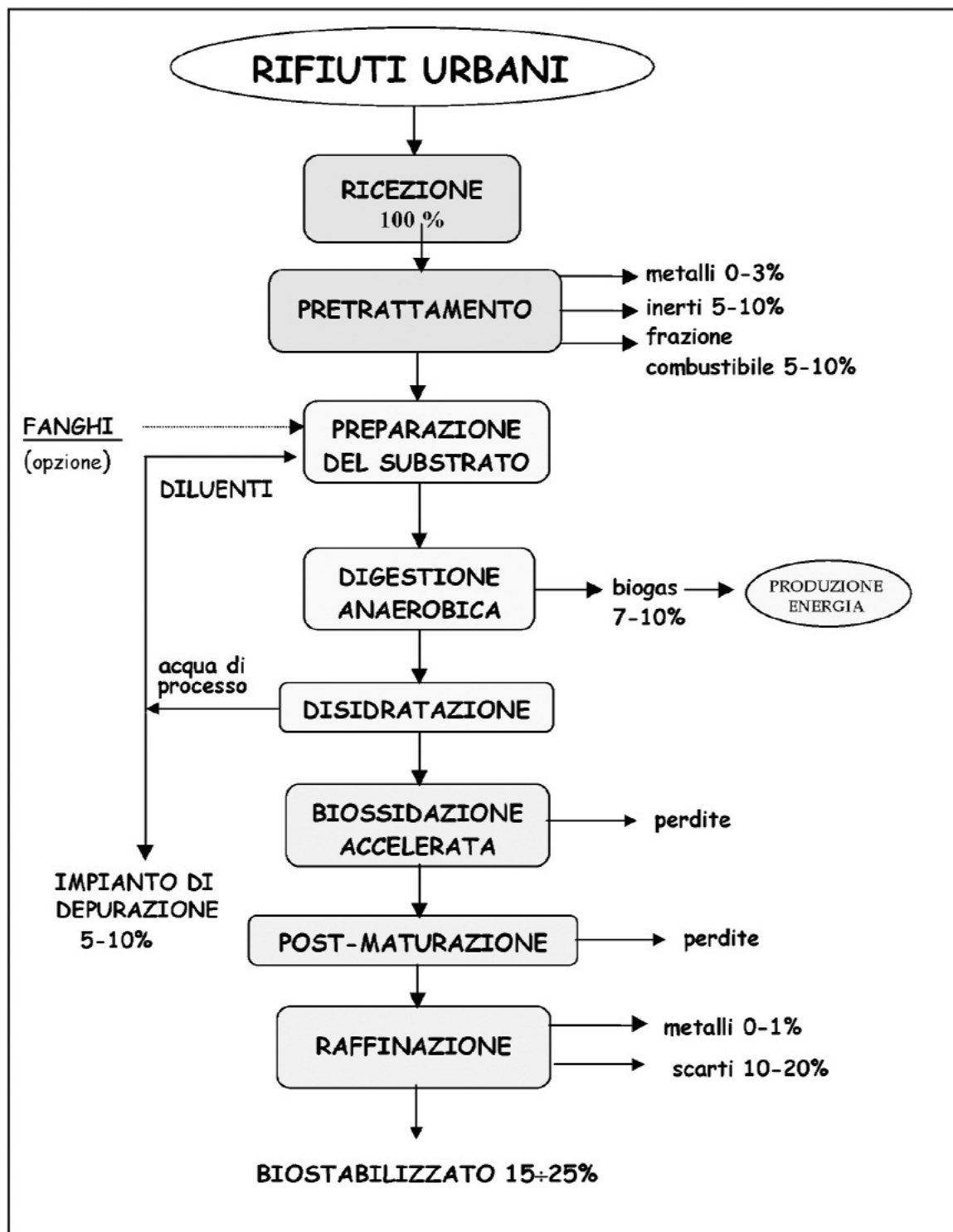



Figura 15: Bilancio di massa di un impianto per rifiuti urbani con processo liquido

E.3.3 Consumi negli impianti di trattamento biologico

In ogni caso il consumo specifico di energia, inteso come l'energia (normalizzata all'unità di peso) utilizzata per ottenere la quantità complessiva di materiali inviati ad operazioni di recupero, deve essere il minimo, sia in rapporto alla qualità richiesta per il materiale da valorizzare, che ad un recupero di materia sufficientemente alto.

Di seguito vengono indicati i consumi medi di energia specifici per alcuni processi di trattamento biologico come riportato "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries".

Digestione anaerobica

Il calcolo dei consumi, per il trattamento meccanico – biologico, relativi al processo di selezione ed alla fase di digestione anaerobica devono considerare i consumi di acqua, materiale ausiliario ed energia.

Acqua

La quantità totale di acqua consumata per il trattamento è pari a 78 litri per tonnellata di rifiuto trattato e viene utilizzata per:
- produzione di vapore: 22 litri/t
- produzione della soluzione di polimeri: 56 litri/t

Materiali ausiliari
- flocculanti polimerici anionici: 60g/t
- soluzione di ferro cloruro al 40% in peso: 3kg/t
- prodotti antischiuma: 50g/t

Energia

Le forma di energia utilizzate nei suddetti impianti sono energia elettrica e sotto forma di calore necessaria essenzialmente per le unità di digestione e per il riscaldamento degli edifici.

L'elettricità utilizzata è pari a $55kWh_e$. Tale quantità di energia è prodotta dalla combustione del biogas con un efficienza del 35%. La quantità di biogas (contenente 55% in vol di CH_4) consumato per la produzione di elettricità è pari a 29,1 Nm^3. In figura 16 è riportato un esempio di bilancio energetico per un impianto operante con processo mesofilo, dove:
- un 5% di perdite alla torcia deve essere considerato come valore medio per guasti o per eliminare le punte di produzione che non potrebbero essere assorbite dal motore a gas;
- un 3-5% di consumo deve essere considerato come valore medio per il mantenimento in temperatura del digestore con una caldaia indipendente dal motore;
- l'autoconsumo di elettricità tiene conto del consumo di tutti i reparti dell'impianto, inclusi quelli non direttamente collegati con la digestione (depuratore acque di processo, servizi ausiliari, ecc.);
- il calore disponibile sul motore può essere valorizzato presso utenze locali oppure viene dissipato in atmosfera.

Nel caso di processi dry più di un terzo del biogas prodotto è utilizzato per il riscaldamento del digestore (Tabella 25)

Tabella 25: Consumo e produzione di energia

Tipo di energia	KWh per t rifiuti urbani	Produzione
Elettrica	50-55	Produzione propria-biogas

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [54,Vrancken, et al. 2001] [59, Hogg, et al., 2002], [66, TWG, 2003]

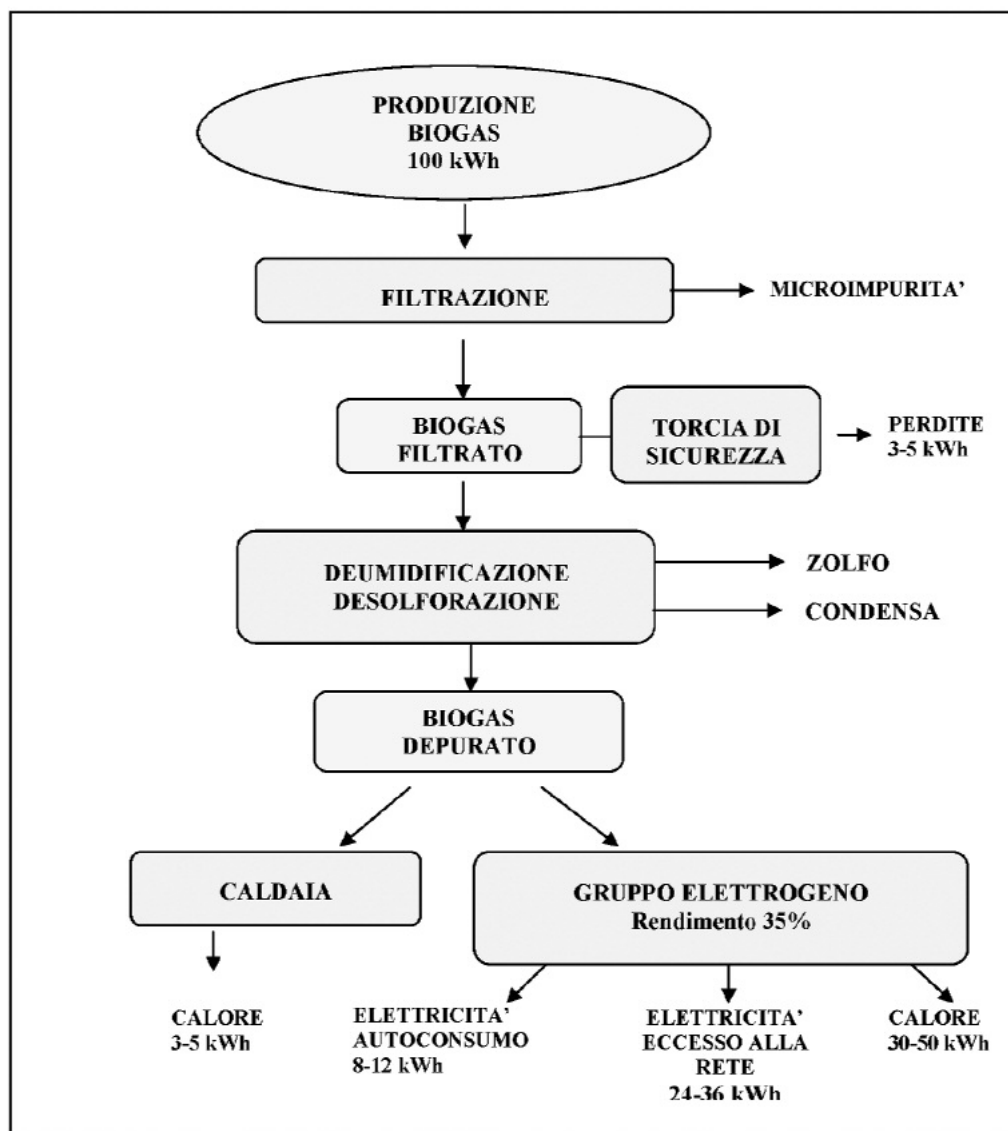



Figura 16: Bilancio di energia di un impianto tipo

Trattamento aerobico

Nel caso del trattamento aerobico dei rifiuti i consumi sono descritti di seguito così come riportato nel Bref Draft Gennaio 2004.

Acqua

Nel processo di trattamento biologico aerobico essendo fortemente evaporativo non vi è un consumo di acqua, ma l'acqua prodotta risulta pari a 350 litri per tonnellata di rifiuto trattato. Le acque di processo purificate vengono poi riutilizzate nei circuiti di raffreddamento. L'acqua corrente viene utilizzata esclusivamente nei circuiti di raffreddamento (10 l per tonnellata di rifiuto).

Materiali ausiliari

Non vengono utilizzati altri materiali ad eccezione degli imballaggi in plastica per il CDR prodotto.

Energia

I consumi energetici per il trattamento aerobico sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 26: Consumi energetici nel trattamento aerobico dei rifiuti

Processo aerobico	**Elettricità** (kWh/t)	**Diesel oil** (kJ/kg)	**Diesel oil** (oil/t)
Trattamento aerobico con sistemi chiusi	27-65[2]	5	
Andane	0	15	
Range[1]	4-72[2]		1-4[3]

[1]Il range include diversi tipi di impianti dotati sia di sistemi di trattamento delle emissioni più o meno sofisticati che privi di sistemi di trattamento delle emissioni

[2]i valori più alti corrispondono a processi con sofisticati sistemi di purificazione dei gas esausti

[3]I consumi più alti sono associati a consumi minori di elettricità

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" (59, Hogg, et al., 2002) (66, TWG 2003)

Tabella 27: Velocità di areazione

Tecniche di trattamento meccanico biologico	Velocità di areazione (Nm^3 aria/m^3 di rifiuti h)
Tunnel	40-60
Cumuli in movimentazione • pre biossidazione • post biossidazione	 5-10 1-5
Cumuli	10

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" (132 UBA 2003)

E 3.4 Rendimenti.

L'impianto di trattamento meccanico - biologico deve essere progettato e monitorato al fine di minimizzare il grado di emissioni massimizzando la sostenibilità dell'impianto (sostenibilità economica, sostenibilità di prodotto, sostenibilità di processo).

Rendimenti del trattamento aerobico

Come già evidenziato, i processi biologici bioessiccamento e biostabilizzazione, hanno quale obiettivo finale la totale o parziale degradazione della frazione organica fermentescibile per ottenere la stabilità biologica.

Per determinare la stabilità biologica di un rifiuto *dovranno* essere utilizzate le seguenti metodologie:

- determinazione dei *solidi totali volatili*
- determinazione dei *solidi potenzialmente fermentescibili* (Spf)
- determinazione dell'*indice di respirazione*

Solidi totali volatili

Il test per la determinazione dei solidi totali volatili (STV) è standardizzato in Italia dall'IRSA-CNR (Metodi analitici per i fanghi, quaderno 64, 1985).

Questo test è stato inserito nella normativa di alcuni Paesi europei come indice di riferimento per valutare la stabilità biologica dei rifiuti (in Germania, secondo la normativa attualmente in vigore, dal 2004 si potranno smaltire in discarica solo rifiuti con un valore di STV<5%).

L'uso di questo indice, però, è messo in discussione da molti studiosi perché non rispecchia il reale grado di stabilità biologica dei rifiuti, in quanto il contenuto di solidi volatili in un campione è influenzato anche dalla presenza di composti organici non biodegradabili.

Solidi potenzialmente fermentescibili (Spf)

I solidi potenzialmente fermentescibili (Spf) rappresentano la frazione di sostanza organica realmente biodegradabile contenuta nei rifiuti. Tale aspetto è importante per distinguere quei materiali quali plastiche, gomme, lignina, ecc. che rientrano nella categoria dei solidi volatili SV, ma che non vengono attaccati dai microrganismi durante il trattamento. La determinazione di tale indice è relativamente recente e avviene mediante estrazione con etanolo ed acido cloridrico (Adani et al., 1998).

<u>*Metodo*</u>

Per la determinazione dei Spf ci si riferisce a quanto riportato nel Manuale APAT *"Metodi di misura della stabilità biologica dei rifiuti"*. Da quattro a sei grammi di campione essiccato e macinato a 2 mm vengono posti in ditali di cellulosa (33 x 94 mm) preventivamente essiccati e pesati. Si procede ad un'estrazione a mezzo di apparecchiatura soxhlet con etanolo (96 %) a 90 °C per 12 ore.

Il residuo solido viene essiccato e pesato e rappresenta la frazione solubile in etanolo (Et. Sol.) che si calcola nel modo seguente:

$$Et.\ Sol = (P_e - P_s) / P_e * 100$$

dove

P_e = peso del campione essiccato prima dell'estrazione

P_s = peso del campione essiccato dopo estrazione (frazione solubile)

Da tre a quattro grammi di campione (residuo insolubile in etanolo) esattamente pesato, vengono poi posti in beute da 250 ml addizionando 150 ml di HCl 37 % (d = 1,19 kg L^{-1}). L'idrolisi acida prosegue per 24 ore a 25°C sotto agitazione continua (100 scosse al minuto). Si filtra su gooch (grado di porosità: 1; 100-160 μ), lavando sino a pH neutro dell'eluato. Sulla frazione residua insolubile vengono determinate le ceneri residue (a 650 °C per 12 ore).
La stima dei Spf viene effettuata con la seguente equazione:

Spf (% ST) = (Et.sol + HCl sol) - (Ceneri totali - Ceneri residue)

dove :
Spf = frazione potenzialmente fermentescibile (% ST);
Et. sol. – frazione solubile in etanolo (% ST);
HCl sol. = frazione solubile in acido (% ST).
Per le procedure analitiche relative alla determinazione delle sostanze volatili e delle ceneri si rimanda ai "Metodi di Analisi dei Compost" (DIVAPRA e IPLA, 1992).

Indice di respirazione
La stabilità di un rifituo è funzione dell'attività biologica e perciò la sua misura dovrà essere strettamente legata alla determinazione di quest'ultima.
In passato sono stati proposti molti metodi analitici per determinare la Stabilità Biologica. Tra di essi i metodi che misurano l'attività respirometrica hanno ricevuto molta attenzione dai ricercatori. I test di respirazione stimano la produzione di anidride carbonica o il consumo di ossigeno della biomassa. I metodi basati sull'evoluzione di CO_2 sono economici, ma non differenziano tra produzione aerobica ed anaerobica di CO_2 ed inoltre non tengono conto che il grado di ossidazione della materia organica, influenza il consumo di ossigeno per mole di CO_2 prodotta. La misura del consumo di ossigeno, perciò, è preferita come metodo respirometrico ed è stata proposta come metodo standard per la determinazione della Stabilità Biologica (ASTM, 1992; ASTM, 1996; The US Composting Council, 1997). I test di respirazione basati sulla misura del consumo di ossigeno possono essere classificati in metodi statici e dinamici, a seconda che la misura del consumo d'ossigeno sia effettuata in assenza (statico) (UNI 10780, 1998) o presenza (dinamico) (ASTM, 1996) di aerazione continua della biomassa. I metodi statici, condotti a volume costante o a pressione costante, presentano lo svantaggio di limitare la diffusione e la dispersione dell'ossigeno nella biomassa rallentando, di fatto, i processi di degradazione della sostanza organica. Inoltre, l'impossibilità di allontanare l'aria esausta dalla biomassa, riduce ulteriormente l'attività biologica sia in seguito alla diminuzione del pH, che per il realizzarsi di fenomeni di tossicità diretta dovuti all'accumulo di CO_2 o di altri gas di fermentazione. Risulta inoltre difficile, con tali metodi, stimare l'entità degli spazi vuoti ottenendo quindi un dato respirometrico non rigoroso. Conseguenza di tutto ciò risulta essere la sottostima del consumo di ossigeno. L'indice dinamico proposto da ASTM (1996) risulta, invece, macchinoso, rendendo la determinazione routinaria di lunga durata e pertanto molto costosa. In tempi recenti, è stato messo a punto presso il DiProVe sez. FCA, un nuovo metodo di misura per la determinazione dell'indice respirometrico di tipo dinamico, metodo ufficiale della Regione lombardia, testato a livello internazionale ed inoltre recentemente indicato quale misura della stabilità biologica dalla Comunità Europea (Working Paper 2001).

Determinazione dell'indice di rspirazione

Il campionamento viene effettuato seguendo la metodica UNI relativa al campionamento degli RDF (UNI, 1992).

L'obiettivo è l'ottenimento di un campione rappresentativo da sottoporre al test respirometrico di circa 5 - 50 litri di materiale tal quale.

L'Indice di Respirazione (IR) viene determinato quantificando il consumo orario di ossigeno del materiale da testare mediante l'utilizzo di un respirometro a flusso continuo di aria come prima indicato.

Il campione preparato viene immesso nel respirometro e sottoposto ad aerazione continua adottando flussi d'aria tali da garantire valori di concentrazione di ossigeno in uscita dal respirometro superiori al 14 % (v/v). La prova viene condotta tenendo il campione in osservazione nel fermentatore per un periodo compreso tra uno e quattro giorni, a seconda della durata della fase di lag, rilevando in automatico il valore dell'indice ad intervalli di due ore.

La misura della quantità di ossigeno consumato per l'attività biologica aerobica viene desunta dalla differenza di concentrazione di ossigeno tra l'aria in ingresso e in uscita dal respirometro e calcolata con la seguente espressione:

$$\mathbf{IRD_i}\ (\text{mg } O_2 \text{ kg } SV^{-1}\ h^{-1}) = Q * h * \Delta O_2 * Vg^{-1} * 31{,}98 * 10 * SV^{-1} * h^{-1} \quad (1)$$

dove:

IRD = Indice di respirazione istantaneo;
Q = portata aria ($L * h^{-1}$);
O_2 = differenza di concentrazione dell'ossigeno in ingresso e in uscita dal respirometro (% v/v);
*Vg = volume occupato da una mole di gas. Assumendo il valore standard per T1 = 273,15 °K e P1 = 1 atm pari a Vg1 = 22,4 L/mole, il valore corretto di Vg (Vg2) alla temperatura T2 viene calcolato con la seguente espressione: Vg2 = (Vg1 * T2/T1) dove T rappresenta la temperatura in gradi Kelvin;*
31,98 = peso molecolare dell'ossigeno (g/mole);
10 = coefficiente moltiplicativo;
SV = solidi volatili (kg). Il dato dell'attività biologica aerobica può essere espresso anche sui solidi totali (ST) o sui solidi potenzialmente fermentescibili (SPF);
h = numero di ore durante le quali viene effettuata la misura.

L'IRD viene calcolato come media dei 12 valori degli indici relativi alle 24 ore durante le quali la respirazione della biomassa è più elevata.

$$\text{IRD}_{24} = \sum_{1}^{12} \frac{IRDi}{12}$$

IRD_i = IRD rilevato ogni due ore.

Il dato finale potrà essere espresso sull'unità di peso adottando:
kg ST (solidi totali);
kg SV (solidi volatili);
kg SPf (solidi potenzialmente fermentescibili).

L'efficienza tecnologica può essere determinata dall'indice di putrescibilità residua del materiale ottenuto a valle del trattamento biologico mediante l'introduzione di indagini analitiche di IR. Livelli Bassi di IR sono raggiungibili mediante alcuni accorgimenti legati, sia alla preparazione delle matrici sottoposte a trattamento biologico, che alla verifica del rispetto di alcuni parametri di processo che sono stati riportati nella tabella 15.

L'indice di respirazione dinamico finale relativo alla fase di biossidazione attiva dovrà essere inferiore a 1000 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}, mentre l'indice di respirazione dinamico finale al termine della fase di maturazione dovrà essere inferiore a 700 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}.[3]

Efficienza del trattamento anaerobico

L'efficienza dei sistemi di digestione anaerobica deve mirare a massimizzare la produzione di biogas ed il suo utilizzo per produrre energia.
La produzione di energia da biogas viene incrementata considerando che:

- il biogas deve avere un contenuto energetico compreso tra 20 e 25 MJ/Nm^3;
- i rendimenti di conversione in energia elettrica variano al variare dell'impianto di combustione: l'esperienza pratica dimostra che nel caso di impianti di combustione di

---

[3] Come valore per l'indice di respirazione è stato indicato il valore di 1000 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1} in seguito all'analisi della normativa regionale esistente in materia di seguito riportata.
Regione Basilicata: Linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio e di stabilizzazione (pag.32-1.3.7) 2002
….Nella caso della stabilizzazione pre-discarica, l'impianto deve essere dimensionato su una durata complessiva del processo deve essere indicativamente almeno di 40 giorni o comunque tale da garantire il rispetto di uno dei due valori seguenti:
IR statico<500 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
IR dinamico<1000 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
Nel caso di produzioni di materiali stabilizzati per applicazioni controllate nel settore paesistico-ambientale , la fase di maturazione deve avere una durata tale da garantire un tempo di processo totale indicativamente non inferiore a 60 giorni o comunque tale da garantire il rispetto in alternativa di uno dei due valori seguenti
IR statico<400 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
IR dinamico<800 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
Regione Campania Criteri e linee guida per l'utilizzo della frazione organica stabilizzata-Comitato tecnico ex ordinanza Commissariale n.058/2002 (pag 33-6.3 Indici di qualità e carichi ammissibili)
…stabilità biochimica (da determinarsi mediante indice di respirazione), onde prevenire fenomeni di fitotossicità e/o di anaerobiosi dell'ambiente edifico; si ritiene opportuno adottare il seguente limite: IRD≤ 700 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
Regione Lombardia Linee Guida relative alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost-Revoca della d.g.r. 16 luglio 1999, n.44263
Caratteristiche impiantistiche minime (Biossidazione accelerata)….
parametri di processo indice di respirazione dinamico finale (prima del posizionamento del materiale nella eventuale sezione di maturazione esterna) inferiore a 1000 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
caratteristiche impiantistiche minime (maturazione)
indice di respirazione dinamico finale inferiore a 500 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
Regione Puglia Bollettino ufficiale Puglia n.135 del 23/10/2002 (pag. 9978-5.4.2 Opzione 2-Produzione di RBM e FSC-2.B Trattamento di biostabilizzazione primaria)
Trattamento di biostabilizzazione primaria….la biostabilizzazione del materiale mediante aerazione dello stesso per un periodo compreso tra le 2 e le 4 settimane, a seconda del tipo di tecnologia adottata, ma comunque in grado di garantire adeguati livelli di umidità e temperatura, nonché di ottenere, per il prodotto finale un IR dinamico (metodo IPLA) non superiore a 800 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
Regione Sicilia Bollettino Ufficiale Regione Sicilia –n.27 Parte I del 14/6/02 Linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio
…nel caso di compostaggio di biomasse selezionate ad elevata fermentescibilità in miscelazione con biomasse lignocellulosiche**…..**La fase attiva presidiata, se distinta da quella di maturazione, deve avere una durata tale da garantire un prodotto in uscita con una sufficiente stabilità biologica, ovvero rispettare in alternativa uno dei due valori seguenti:
IR statico < 500 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
IR dinamico < 1000 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
Tali obiettivi sono conseguibili con tempi di ritenzione indicativamente attorno ai 14 giorni in biocelle/container con ricircolo d'aria e 21/28 giorni in sistemi a trincea/cumulo.
La fase di maturazione deve avere un tempo di processo totale non inferiore a 90 giorni e garantire il rispetto in alternativa di uno dei due valori seguenti:
IR statico < 250 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}
IR dinamico < 500 mg O_2 x kg SV^{-1} ora^{-1}

piccola taglia (inferiore ai 200 kW) si ha un'efficienza di conversione elettrica del 25%, mentre impianti più grandi (fino a 17000 kW) possono raggiungere anche un'efficienza del 36%. Se, inoltre, c'è la possibilità di recuperare il calore dei gas esausti per il riscaldamento dell'acqua all'interno dell'impianto il rendimento di conversione può salire al 65 – 85%.

Le tabelle seguenti riportano alcuni dati sulla produzione di energia da biogas; tuttavia esse presentano dei range molto ampi e, probabilmente, ciò è dovuto, non solo alle differenze tra i diversi impianti, ma anche ai flussi in ingresso.

Tabella 28: Produzione netta di energia in condizioni ottimali nei processi di digestione anaerobica.

	Produzione netta di energia (kWh/tonnellata di rifiuto)		
Fonte	**Valor minimo**	**Valor medio**	**Valore massimo**
1		100	
2		102	
3		110	
4	80	110	140
5	75	113	150
6	100	115	130
7	105	131	157
8	120	145	170
9	100	150	200
10		154	
11	254	273	292

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" (132 UBA 2003)

Tabella 29: Produzione di calore ed elettricità da digestione anaerobica

Parametro	**Valor minimo (kWh/t di rifiuto)**	**Valore massimo (kWh/t di rifiuto)**
Resa in biogas	70 Nm^3/t di rifiuto	140 Nm^3/t di rifiuto
% metano	55%	60%
Potere calorifico del biogas	385	840
Elettricità generata (efficienza = 30%)	116	252
Elettricità da esportare (70% di efficienza di conversione elettrica)	81	176
Calore recuperato per la cogenerazione (70%)	189	412
Calore esportato per la cogenerazione (80% di quello recuperato)	151	329

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" (132 UBA 2003)

E.3.5 Emissioni e produzione di rifiuti

Gli impianti di trattamento biologico necessitano di accorgimenti tecnici e di applicazioni tecnologiche volti alla riduzione delle emissioni, rappresentate da polveri, gas e sostanze osmogene, reflui di processo, rifiuti solidi, rumore. Le specifiche emissioni degli impianti dipendono anche dalla tipologia di rifiuti trattati.

Un elenco delle principali emissioni e delle relative fonti viene riportato nel seguente schema.

Emissioni / Fonti	Particolato	NO_x, SO_x, HCl	NH_3, ammine	H_2S	HCN	COV	Odori	Altre Sostanze Organiche	Metalli	CH_4	COD
Ricezione e stoccaggio (campionamento/ingresso impianto)	A, AQ, T	A	A			A	A				AQ
Prettratamento (trituratori mulini vagli)	A	A	A	A	A	A	A	AQ	AQ		
Fase di digestione aerobica	A, T		A	A		A	A	AQ	AQ	A	AQ
Fase di digestione anaerobica				A		A				A	AQ
Stoccaggio prodotti finiti	A						A	A	AQ		
Sezione di metanizzazione			A	A			A			A	
Post trattamenti (vagliatura demetallizzazione)	A, T						A				
Legenda: A: in Aria, AQ: in Acqua, T: in Terra											

E.3.5.1 Le emissioni in atmosfera

La formazione ed il rilascio di inquinanti atmosferici e di sostanze osmogene costituisce uno dei punti più critici di un qualsiasi impianto di trattamento biologico dei rifiuti. A questo proposito è importante conoscere le diverse situazioni che possono portare alla generazione di emissioni, in modo da rendere possibili interventi di prevenzione e/o mitigazione sia a livello delle condizioni di processo, sia sulle caratteristiche delle strutture impiantistiche.

Trattamento aerobico

Negli impianti di trattamento aerobico dei rifiuti il problema è riconducibile sia all'emissione dei composti inquinanti dai materiali che vengono affidati al trattamento sia, prevalentemente, alla formazione di composti odorigeni nel corso del processo. In generale la produzione di composti ad elevato impatto olfattivo viene associata a condizioni di anaerobiosi nel materiale in trattamento, condizioni che non dovrebbero verificarsi nel corso del processo di biostabilizzazione/bioessiccazione, in quanto è un processo di tipo aerobico.

La produzione di emissioni dipende dalla tipologia dei rifiuti, dal tipo di trattamento, dalla gestione dell'impianto, e dalle condizioni metrologiche.

In particolare le più comuni fonti di inquinanti atmosferici e di sostanze osmogene possono essere le seguenti:

- prolungato accumulo dei materiali freschi e altamente fermentescibili non ancora sottoposti a trattamento o lo stazionamento all'aperto di sovvalli ad elevata fermentescibilità;
- presenza di zone anaerobiche nei materiali sottoposti a trattamento;
- presenza di percolato non idoneamente captato e raccolto;
- bassa efficienza dei sistemi di captazione dell'aria, nel caso di locali che sarebbero dovuti essere tenuti in depressione;

- bassa efficienza dei sistemi di abbattimento delle arie esauste;
- la fuoriuscita di arie odorose da portali (es. fosse di carico)
- messa in maturazione, in aree aperte di materiali non ancora fermentescibili;
- interruzione precoce dei processi aerobi a carico di biomasse non ancora mature.

I più significativi gruppi di composti odorigeni identificati presso impianti di trattamento biologico includono composti organici e inorganici dello zolfo, ammoniaca e ammine, acidi grassi volatili, composti aromatici, terpeni, acetone, fenoli e toluene. In tabella 30 viene riportato un elenco dei principali composti individuati presso impianti di trattamento biologico negli Stati Uniti e le relative so glie di odore.

Tabella 30: Composti odorosi identificati presso impianti di compostaggio negli Stati Uniti e le relative soglie di odore[1] (Williams T.O. e Miller F.C., 1992)

Composto	Formula	Massa molecolare	SOGLIA DI ODORE	
			bassa µg/m ^{3}	**alta** µg/m ^{3}
Composti dello zolfo Idrogeno solforato	H_2S	34	0.7	14
Disolfuro di carbonio	CS_2	76	24,3	23.000
Dimetilsolfuro	$(CH_3)_2S$	62	25	50.8
Dimetildisolfuro	(CH3)2S2	94	0.1	346
Dimetiltrisolfuro	(CH3)2S3	126	6.2	6.2
Metilmercaptano	CH3SH	48	0.04	82
Etilmercaptano	CH3CH2SH	62	0,032	92
Ammoniaca e composti dell'azoto	NH3		26,6	39.600
Am moniaca				
Metilamina	(CH3)NH2	31	25.2	12.000
Dimetilamina	(CH3)2NH	45	84.6	84.6
Trim etilamina	CH3)3N	59	0.8	0.8
Scatolo	C6H3C(CH3)CHNH	131	$4.0*10^{-5}$	268
Acidi grassi volatili Acido formico	HCOOH	46	45	37.800
Acido acetico	CH3COO H	60	2.500	25.000
Acido propionico	CH3CH2COO H	74	84	64.000
Acido butirrico	CH3(CH2)2COO H	88	1	9.000
Acido valerianico	CH3(CH2)3COO H	102	2,6	2,6
Acido isovalerianico	CH3CH2CH(CH3)COO H	102	52,8	52,8
Chetoni Acetone	CH3COO H3	58	47.500	161.000
Butanone (MEK)	CH3COO H2CH3	72	737	147.000
2-Pentanone (M PK)	CH3COO H2CH2CH3	86	28.000	45.000
Altri composti Benzotioazolo	C6H4SCHN	135	442	2.210
Acetaldeide	CH3CHO	44	0.2	4.140
Fenolo	C6H5OH	94	178	2.240

[1] La soglia di percettibilità dell'odore (OT50=Odour Threshold) viene definita come la minima concentrazione di un composto odoroso che porta alla percezione dell'odore con una probabilità del 50% (soglia bassa). La soglia di riconoscimento al 100% (ORC100 = Odour recognition concentration) è invece la concentrazione alla quale il composto viene identificato con una probabilità del 100% (soglia alta).

Le *ammine* possono derivare dalla decomposizione microbica degli aminoacidi e delle proteine ad opera di batteri comuni, quali E. Coli. Alcune di esse (cadaverina e putrescina) presentano odori forti e molto sgradevoli. Le ammine si formano in generale a pH basso in condizioni anaerobiche. Una buona gestione del processo di biossidazione ne può ridurre notevolmente la formazione.

L'ammoniaca è prodotta, sia in condizioni aerobiche che anaerobiche dalla degradazione delle proteine e degli aminoacidi. Se il substrato ha un basso rapporto C/N (<15) è maggiore la quota di azoto non riutilizzata nei cicli microbici e quindi la quantità di ammoniaca dispersa nei vapori in seguito alla mineralizzazione dei composti organici contenenti azoto che porta al rilascio di ammoniaca a seguito di deamminazione ossidativa degli amminoacidi. L'ammoniaca si può ritrovare in concentrazioni abbastanza elevate in impianti di trattamento aerobico, che trattano fanghi di depurazione e residui zootecnici, nei quali può costituire uno dei composti maggiormente responsabili dei cattivi odori, nonostante la sua soglia di odore sia piuttosto alta.

I *composti aromatici* hanno come base l'anello benzenico e possono venire prodotti durante la decomposizione aerobica della lignina (indolo e scatolo).

I più comuni *composti dello zolfo* che contribuiscono agli odori includono composti organici e inorganici. Fra i solfuri inorganici l'acido *solfidrico* (H_2S) è quello che più frequentemente viene associato a impianti di trattamento dei reflui. Tale gas ha un caratteristico odore di uova marce, rilevabile già a bassissime concentrazioni; a concentrazioni elevate diventa invece inodore ed è altamente tossico. La produzione di H_2S deriva principalmente dalla scissione di amminoacidi quali metionina e cisteina; molti batteri quali ad esempio E.Coli possono metabolizzare tali amminoacidi producendo H_2S come sottoprodotto. Nel processo di trattamento aerobico può formarsi, in zone anossiche di materiale troppo umido o compattato. Viene tuttavia raramente riportata la presenza di tale composto presso impianti di biostabilizzazione. *I composti organici dello zolfo* (mercaptani) sono maleodoranti già a concentrazioni bassissime, dell'ordine dei ppb (parti per bilione). I mercaptani si formano, sia in condizioni aerobiche, che anaerobiche. I metilmercaptani, in condizioni aerobiche, si possono ossidare a dimetildisolfuri e dimetilsolfuri. I diversi solfuri possono quindi formarsi e distruggersi nel corso del processo a seconda delle condizioni locali del cumulo. La soglia di odore per il dimetilsolfuro e il dimetildisolfuro è dell'ordine dei ppb.

I terpeni sono prodotti del legno e sono largamente presenti in ogni impianto di biostabilizzaizone che utilizzano scarti del legno e residui di potatura ed hanno in generale odori gradevoli (limonene, pinene, etc…). La loro soglia di odore è di alcuni ppb. Sono composti molto stabili e difficili da rimuovere.

Bioparticolato e bioaerosoli

Durante le operazioni di trattamento aerobico dei rifiuti possono originarsi polveri dotate di reattività biologica (*bioparticolato*), le quali sono, in buona sostanza, sospensioni in aria di solidi finemente dispersi, costituite da cellule microbiche ovvero da microorganismi associati a piccolissime particelle di materiali organici o inorganici. I microorganismi sono in grado di rimanere sospesi nell'aria per periodi di tempo anche lunghi, mantenendo la vitalità e l'eventuale infettività. Nelle polveri disperse si ritrovano cellule di batteri e attinomiceti, propaguli di muffe e spore fungine, nonché particelle virali.

Un problema specifico correlato con le stazioni di trattamento aerobico dei rifiuti è rappresentato dalla presenza del fungo *Aspergillus fumigatus*. Questo deuteromicete è normalmente associato alla sostanza organica in corso di decadimento, quale, ad esempio, la lettiera dei boschi di latifoglie, e, perciò, finisce per colonizzare anche le matrici trattate presso gli impianti di produzione di biostabilizzato. Le spore (conidi) di questo fungo sono facilmente disperse nell'aria a seguito del rivoltamento dei cumuli di matrice organica in trasformazione e, soprattutto, durante l'agitazione

meccanica del prodotto finito. Ciò si verifica, con particolare intensità, quando i materiali movimentati sono secchi e polverosi. Il numero di propaguli di *A. fumigatus* nell'aria decresce, comunque, rapidamente già a poca distanza dalla sorgente e dopo poco tempo dalla cessazione delle operazioni di rivoltamento.
Le spore di *A. fumigatus* possono essere inalate ovvero entrare nel corpo umano attraverso ferite ed abrasioni dell'epidermide. Il fungo non è considerato un pericolo per gli individui sani. Tuttavia, in soggetti sensibili, può causare affezioni polmonari (aspergillosi) ed infezioni di vario genere. Le condizioni che predispongono gli individui alle infezioni da parte di *A. fumigatus*, ma anche di altre specie fungine, comprendono l'indebolimento delle difese immunitarie, le allergie, l'asma, il diabete, la tubercolosi, le lesioni della membrana timpanica, l'uso di antibiotici e di ormoni adrenocorticotropi, le terapie post-trapianto, la leucemia ed i linfomi.
Approssimativamente si stima che il 5-10 % della popolazione sia sensibile ad *A. nidulans*. Oggi, tuttavia, sono disponibili test ematici per l'identificazione degli antigeni di natura fungina in individui sensibili. Ciò consente di verificare, in via preventiva, la compatibilità di un operatore con l'ambiente di lavoro tipico della stazione di trattamento aerobico dei rifiuti.
Altro elemento di potenziale rischio igienico-sanitario presso le strutture impiantistiche adibite al trattamento aerobico è rappresentato dall'esposizione alle endotossine. Quest'ultime sono tossine prodotte all'interno delle cellule di alcuni microorganismi e rilasciate a seguito della rottura degli involucri cellulari. E' stato accertato che i livelli di endotossine nell'aria delle stazioni di trattamento aerobico dei rifiuti possono variare da 0,001 a 0,014 mg/m^3.

VOC

Presso gli impianti di biostabilizzazione dei rifiuti urbani possano liberarsi composti organici volatili (*volatile organic compounds* o VOCs), potenzialmente pericolosi per gli operatori. Si tratta di composti, quali benzene, cloroformio e tricloroetilene (trielina), normalmente contenuti in taluni solventi, vernici e smacchiatori di uso domestico.
La combinazione della ventilazione forzata o del rivoltamento periodico dei cumuli e delle elevate temperature raggiunte in fase termofila può facilitare il rilascio in atmosfera di VOCs dal materiale in trasformazione. La maggior parte dei VOCs viene liberata dal substrato nelle prime 24-48 ore di processo. Quando la fase attiva del processo è confinata in ambienti chiusi, un appropriato ricambio d'aria è importante anche per evitare l'esposizione degli addetti a concentrazioni non trascurabili di questi composti. Le tecnologie di abbattimento messe a punto per il controllo degli odori possono risultare utili anche per la rimozione dei VOCs dall'aria di processo. Il miglior metodo per limitare l'emissione di VOCs consiste tuttavia nel prevenire la presenza di queste sostanze nelle matrici organiche oggetto di trattamento. Ciò è ottenibile, ancora una volta, mediante programmi di asporto differenziato del rifiuto organico presso le famiglie e di raccolta mirata dei prodotti pericolosi.
L'esposizione degli operatori a composti tossici come policlorobifenili (PCBs), diossine, pesticidi e idrocarburi policiclici aromatici (PAHs), eventualmente presenti nelle matrici di partenza, sebbene ritenuta verosimile in taluni casi, non è stata quantificata con precisione.
Ai fini del monitoraggio di tali sostanze deve essere determinata la concentrazione di TOC.

CFC

Le emissioni di CFC dipendono dal tipo di rifiuti trattati nell'impianto e nella seguente tabella sono riportate le concentrazioni rilevate

Tabella 31: Emissioni di CFC

CFC	Impianto A Aria esausta dal tunnel	Impianto B Aria esausta da area di biossidazione	Impianto B Aria esausta da area di biossidazione	Impianto B Aria esausta da aree di ingresso	Impianto C Aria esausta da area di biossidazione
	inverno	estate	inverno	estate	stimato
R11	n.d	8,5	4,1	0,4	2,2-2,3
R12	n.d	11,3	0,2	0,4	1,3-1,4
R21	n.d	n.d	-	n.d	n.d.
R113	n.d	n.d	<0,05	n.d	1,9
R114	n.d	n.d	0,2	0,4	1,2-1,4

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" ([132, UBA 2003]

Trattamento anaerobico

Le emissioni in atmosfera negli impianti di digestione anaerobica vengono prodotte in diversi reparti degli impianti, in particolare le principali fonti sono:

- sostanze volatili prodotte nel corso dei processi fermentativi durante lo stoccaggio dei rifiuti in attesa del trattamento e durante le fasi di pretrattamento e selezione;
- sostanze volatili originate dalla sezione di metanizzazione,
- sostanze volatili originate dall'eventuale processo di post-stabilizzazione aerobica e maturazione della frazione organica digerita o dal fango prodotto dalla digestione anaerobica.

Nel documento Bref sono riportati i valori di emissione riscontrati in un impianto di digestione anaerobica.

Tabella 32: Emissioni in atmosfera impianto di digestione anaerobica

Emissioni in atmosfera	emissioni	Unità di misura	Emissioni specifiche (g/t di rifiuti)	Emissioni specifiche (g/t di rifiuti)
Gas dal condotto				11000 Nm^3/t
metano	fughe	% v/v	0-411	0,1
CO_2	31-35,2	% v/v	181.000-520.000	85
CO			72,3	0,25
NO_x			10	
NH_3	fughe			
N_2O			0	0,2
SO_x			2,5-3	0,15
H_2S	284-289	mg/Nm^3	0,033	
TOC (VOC)			0,0023	
PM				
Emissioni osmogene	626	GE/Nm^3		
Cloroformio	2	$\mu g/Nm^3$		
Benzene	50-70	$\mu g/Nm^3$		
Toluene	220-250	$\mu g/Nm^3$		
Etilbenzene	610-630	$\mu g/Nm^3$		
m+p+o xilene	290-360	$\mu g/Nm^3$		
Idrocarburi alogenati e PCB			0,00073	
Diossine e furani			$(0,4\text{-}4)\ 10^{-8}$	
Cloruri totali	1,5	$\mu g/Nm^3$		
HCl			0,011	
HF			0,0021	
Cd			$9,4\ 10^{-7}$	

Cr			$1{,}1\ 10^{-7}$	
Hg			$6{,}910^{-7}$	
Pb			$8{,}5\ 10^{-7}$	
Zn			$1{,}3\ 10^{-7}$	

Note: Fughe significa che sono state rilevate delle emissioni, ma non sono state quantificate
Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" (33, ETSU, 1998), (54, Vrancken, et al, 2001), (56, Babtie Group Ltd 2002), (59, Hogg et al 2002)

Nel caso di utilizzo del biogas come combustibile per la produzione di energia, possono prodursi due tipologie di emissioni:

- il primo tipo è correlato alla depurazione del biogas prima dell'utilizzo, allo scopo di ridurre le emissioni dopo la combustione;
- l'altro è correlato con l'abbattimento delle emissioni al termine della combustione del biogas.

Nel bruciare il biogas la temperatura di uscita del gas combustibile dovrebbe essere almeno pari a 900°C e il tempo di residenza di 0,3 sec.
Occorre che la massima concentrazione di composti dello zolfo nel biogas sia almeno 50 ppm oppure l'efficienza di rimozione almeno il 98%.

Tra le procedure di abbattimento che possono avvenire in una fase successiva di trattamento:

- ossidazione biologica dei solfati in solfuri o acido solforico;
- depurazione del gas mediante acqua o solventi organici e adsorbimento su carboni attivi.

La riduzione delle emissioni deve ottenersi anche mediante:

- riduzione delle emissioni di solfuri di idrogeno depurando il biogas mediante sali di ferro all'interno del digestore o mediante l'ossidazione biologica con aggiunta controllata di ossigeno;
- utilizzo di metodi di riduzione degli NO_x;
- utilizzo dell'ossidazione termica per ridurre CO e idrocarburi;
- utilizzo della filtrazione mediante carboni attivi.

Il BREF prevede che le emissioni in atmosfera nei gas esausti debbano rispettare i seguenti limiti:

Tabella: 33: Limiti delle emissioni nei gas esausti nel caso di utilizzo del biogas come combustibile

Parametri	Biogas	Concentrazione nei gas esausti
AOX	<150	
CO		100 – 650[1]
Polveri		<10-50
NO_x		100 – 500[2]
H_2S		<5
HCl		<10-30
HF		<2-5
Idrocarburi		<50 – 150
SO_2		<50 – 500
I dati sono espressi in mg/Nm^3 al 5% di O_2		
[1] quando si utilizzano motori ad accensione comandata da candela con bassa capacità di riscaldamento (es:<3MW_{th}) il valore di 650 potrebbe essere difficilmente raggiungibile.In tal caso 1000 potrebbe essere più opportuno [2] quando si usano motori con utilizzo di iniczione pilota con bassa capacità di combustione (es:<3MW) il valore massimo sarà 1000. Il valore minimo del range potrà essere raggiunto solo con sistemi di abbattimento		

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

E.3.5.2 Emissioni negli scarichi idrici

Negli impianti di trattamento biologico le acque reflue sono prodotte direttamente dal processo di trasformazione dei rifiuti o indirettamente da attività correlate e possono essere distinti nelle seguenti tipologie:

- acque meteoriche (acque chiare) provenienti da:
  - tetti strade e piazzali;
- acque da uso civile (acque nere)
- acque provenienti dal ciclo produttivo
  - acque di processo
  - acque da lavaggio automezzi.

In particolare negli impianti di trattamento biologico aerobico ed anaerobico le acque reflue sono prodotte da:

- percolati prodotti nelle aree adibite allo stoccaggio dei rifiuti;
- processi spontanei di rilascio dell'acqua costituzionale da parte della biomassa, il che costituisce la fonte principale di generazione dei reflui nelle fasi al coperto;
- parte di acque di percolazione eccedenti la capacità di assorbimento delle acque meteoriche (nel caso di bioconversione in ambiente non coperto) o delle acque usate per l'inumidimento artificiale dei cumuli;
- precipitazioni meteoriche intercettate da pavimentazioni di solo transito e manovra e dalle coperture;
- acque di lavaggio degli ambienti di lavoro,
- soluzioni acquose provenienti dal trattamento ad umido delle emissioni gassose,
- acque provenienti dalla disidratazione del fango digerito;
- condense ottenute dal trattamento del biogas;
- reflui da laboratorio di analisi;
- acque reflue dei servizi igienici.

Trattamento aerobico

In linea generale le acque reflue rilasciate dalla biomassa o comunque entrate in contatto con essa attestano un contenuto relativamente elevato in composti organici (BOD) composti minerali dell'azoto e microrganismi, mentre le acque meteoriche incidenti sui piazzali hanno tenori relativamente elevati di solidi sospesi e composti organici ed inorganici disciolti; quelle pervenute in una fase successiva sono relativamente più pulite.

Tali caratteristiche rendono possibile la depurazione delle acque con successivo recapito al sistema fognario, al suolo o ad acque superficiali. In particolare il recapito diretto al suolo o in acque superficiali è ammesso per le acque a bassa contaminazione, come ad esempio le acque intercettate da tettoie/gronde e le acque di seconda pioggia. Inoltre, sempre nel rispetto della normativa vigente, il riutilizzo dei reflui sulla biomassa in corso di bioconversione ha lo scopo sia di garantire i livelli ottimali di umidità, sia di recuperare il valore fertilizzante dei composti azotati e le popolazioni microbiche preposte alla bioconversione e presenti nel refluo.

Si riporta l'analisi del percolato presente nel "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", proveniente da un impianto di trattamento aerobico dei rifiuti.

Tabella 34: Percolato da impianto di trattamento aerobico

Emissioni specifiche	concentrazioni (kg/ton RU)	Concentrazioni acque reflue (mg/L)
Refluo	260-470 litri	
TOC		40
BOD		20-25
COD	0,457	120-200
HC		10-20
BTEX		0,1
AOX		0,5
cloruro	0,152	
Azoto totale		70
P		1-3
CN	$7,28\ 10^{-5}$	0,2
Solfuri		0,1-1
Mg	0	
Ni	$7,94\ 10^{-4}$	
Cd	0	
Cr	0	0,5
Cr (VI)		0,1
Cu	0	
Pb	$5,96\ 10^{-4}$	
Hg	0	
Zn	$2,38\ 10^{-4}$	

Note: Rame e zinco potrebbero trovarsi nell'eluato essendo micronutrienti delle piante.
Potrebbero essere presenti negli effluenti metalli tossici, sebbene la maggior parte di essi rimanga nel prodotto finale
Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [59, Hogg et al., 2002], [66, TWG 2003]

Digestione anaerobica

In un impianto di digestione anaerobica, generalmente, gli effluenti sono simili a quelli del trattamento aerobico, ma i volumi sono più elevati. Negli impianti di digestione anaerobica i percolati da stoccaggio sono generalmente presenti in quantità elevata a causa dell'umidità dei rifiuti conferiti. Tali reflui presentano caratteristiche di estrema variabilità e sono costituiti da prodotti quali oli, percolati di vario genere, detergenti, oltre all'acqua di costituzione del rifiuto. In genere i rifiuti sono in grado di assorbire il percolato eventualmente formatosi, ma in situazioni di conferimento anomalo, carico eccezionale di organico, condizioni di stoccaggio in fossa estremamente gravose, (pressatura e compattazione di rifiuti) è possibile che si verifichi un rilascio di percolato, che deve essere raccolto ed opportunamente trattato.
Inoltre, negli impianti di digestione anaerobica vengono anche prodotte quantità non trascurabili di acque provenienti dalla disidratazione del fango digerito, che in genere vengono parzialmente ricircolate come diluenti nei digestori e acque di condensa provenienti dalla fase di raffreddamento del biogas.
Le acque provenienti dal trattamento ad umido delle emissioni gassose sono costituite essenzialmente dalle acque di spurgo degli scrubber e dai percolati dei biofiltri. Tali reflui devono essere stoccati in apposite vasche o serbatoi e, se non recuperati all'interno del ciclo di trattamento, devono essere depurati prima dello scarico finale.
Infine, deve essere previsto il collettamento delle acque di lavaggio degli automezzi, le quali possono essere conferite ad un impianto di depurazione oppure ricircolate all'interno del processo . In questo caso è opportuno prevedere un trattamento di disoleazione prima dell'utilizzo.
I parametri che dovrebbero essere monitorati in ingresso ed in uscita all'impianto per valutare le rese del processo sono il TOC, azoto totale, fosforo totale, cloro.

Nella tabella 35 è riportata la composizione dell'acque reflue in un impianto tipo di digestione anaerobica prima della rimozione dei solidi sospesi. Generalmente nella fase dei post trattamenti le acque prelevate dal digestato potrebbero essere sottoposte ad un processo di denitrificazione o filtrazione e/o decantazione

Tabella 35: Caratterizzazione delle acque reflue di un impianto di digestione anaerobica

Composti	Unità di misura	Processo dry	Processo wet	Concentrazione* [g]
Acque reflue	m^3/t			
COD	mg O_2/l	20.000-40.000	6.000-24.00	20-530
BOD	mg O_2/l	5.000-10.000	2.500-5.000	
Ammoniaca				1-160
Nitrati				1-10
N totale	mg N/l	2.000-4.000	800-1.200	
P totale				
Cl				
solfato				1-5
As				
Cd				
Cr				
Cu				
Hg				
Ni				
Pb				
Zn				

Note *calcolato considerando 261 l acque reflue/t rifiuto trattato (possibile ridurlo a 211 l riutilizzando parzialmente l'acqua per la produzione della soluzione dei polimeri). Il range dipende dal tipo di trattamento delle acque reflue.
Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" (33, ETSU, 1998), (56, Babtie Group Ltd 2002), (59, Hogg et al 2002) (66, TWG 2003)

E.3.5.3 Produzione di rifiuti

Digestione anaerobica
L'applicazione della digestione anaerobica al trattamento dei rifiuti consente di ottenere un notevole recupero energetico, utilizzando il biogas prodotto; inoltre permette di produrre energia attraverso l'eventuale trattamento aerobico del fango digerito e produrre un residuo stabilizzato impiegabile come ammendante organico in agricoltura o per ripristini ambientali.
L'aspetto del recupero energetico è senza dubbio quello più interessante, in quanto il biogas prodotto, costituito per la maggior parte da metano, ha un elevato potere calorifico e pertanto può essere convenientemente convertito in quasi tutte le forme di energia utili: calore, elettricità e cogenerazione (produzione congiunta di elettricità e calore).
Un altro aspetto di importanza non trascurabile consiste nella possibilità di recuperare materiali riutilizzabili dalle operazioni preliminari di selezione o da quelle successive di raffinazione ed in particolare metalli (ferrosi e non) e frazione combustibile.

Nella seguente tabella, ripresa dal Bref si descrivono i flussi di rifiuti in uscita da un impianto di digestione anaerobica.

Tabella 36: Rifiuti in uscita da un impianto di digestione anaerobica dei rifiuti

Frazione da cui è possibile recuperare energia	Quantità prodotte (kg/t di RU)	Valore calorifico (MJ/kg) Inferiore superiore
Biogas[1]	117,5 (75-364 Nm^3)	15,4 16,8
Residuo leggero	37,3	12, 21,5
CDR	257,2	17 25,8
Frazione legnosa	14	4,9 10

Note [1] La resa inferiore è dovuta al più alto contenuto di rifiuti non degradabili (sabbie); le rese possono variare a seconda della stagione (più alte rese nel periodo autunno/inverno)
Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [45, Vrancken et. Al. 2001] [59, Hogg, et al., 2002]

Biogas
Nel biogas in uscita da un impianto di digestione anaerobica sono presenti in piccole quantità impurezze quali monossido di carbonio, idrogeno, azoto e ossigeno.
La composizione del biogas generato da un impianto di digestione anaerobica è riportata nella tabella seguente come riportato nel Bref Agosto 2005.
Il biogas può essere utilizzato, come già detto, per la produzione di energia e/o calore. Dall'utilizzo del biogas per la produzione di energia si ottengono da 20 a 300 kWh di energia per tonnellata di rifiuto trattata.

Tabella 37: Composizione del biogas

Composti	Concentrazione (% v/v)	Produzioni specifiche (g/t di RU)	Emissioni specifiche (g/MJ di metano)
CO_2	25-50	181.000-520.000	85
Metano	50-75	0-411	0,1
N_2	3,9-4,1		
O_2	0,9-1,1		
H_2O biogas	6-6,5		
H_2			
H_2S	<0,1-0,8		
NH_3	<0,1-1		
Mercaptano	tracce		
Acidi grassi a basso peso molecolare			
Composti ad alto peso molecolare	tracce		

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industry" [45, Vrancken et. Al. 2001] [59, Hogg, et al., 2002], [33 ETSU, 1998], [56, Bastic Group Ltd, 2002], [132, UBA, 2003]

CDR

Il combustibile da rifiuti, (CDR) è il materiale ricavato dai rifiuti urbani (dopo separazione delle frazioni destinate a recupero di materia) mediante trattamento finalizzato sia all'eliminazione di sostanze pericolose o indesiderate per la combustione sia a garantire un adeguato potere calorico la sua composizione è riportata in tabella 43.

Il processo di digestione anaerobica porta alla produzione di tre flussi di rifiuti che possono essere avviati al trattamento termico quali residuo leggero, CDR e frazione legnosa. I tre flussi di rifiuto producono 308,5 kg di CDR, il cui potere calorifico inferiore è di 16,5 MJ/kg.

Tabella 38: Composizione del CDR

Tipo di rifiuto	**Quantità (%)**
Rifiuti organici	45
Altro	31
Tessili	2
Carta e cartone	13
Plastica	9

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [45, Vrancken et. Al. 2001]

Digestato

La quantità di digestato nel processo di digestione anaerobica è pari a 220 kg per tonnellata di rifiuto trattato e la composizione dipende dalla tipologia di rifiuto in ingresso all'impianto come evidenziato nella seguente tabella.

Tabella 39: Caratterizzazione del digestato

Rifiuto in ingresso	Unità di misura	N	P	K	Mg	Ca
Rifiuti biodegradabili	% ST	1,2	0,68	0,74		0
RU separati alla fonte	% DM	1,9	0,66	0,63	-	-
RU separati alla fonte	ppm	20	11,9	14,7	11,6	49,7
RU separati alla fonte	ppm	11	8	10	-	-
Frazione organica di RU	ppm	1-1,3	6-12	8-12	17-26	60-110
Frutta/verdura da mercatali	ppm	21,9	9,5	10,5	4,7	-
RU indifferenziati	ppm	11	8	10	-	-
RU indifferenziati	ppm	19	13	15	3,67	-

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [59, Hogg, et al., 2002]

Altri prodotti/rifiuti

Tabella 40: La digestione anaerobica dei rifiuti urbani biodegradabili

Prodotti recuperati	**Produzioni specifiche** (t/t di rifiuto trattato)
Recupero di nutrienti	4-4,5 kg N/t 0,5-1 kg P/t 2,5-3 kg K/t
Recupero energia	0,4-0,9 MJ elettricità per t di rifiuto.
Residui solidi totali (dipende dal rifiuto)	0,3-0,6
Prodotti di qualità per il recupero	Fibre 0,07-0,3 per compostaggio
Altri prodotti residui che possono essere utilizzati con delle restrizioni	Fluidi 0,6 Inerti 0,05 Sabbie 0,08

Residui destinati alla discarica o ad altri trattamenti	sovvalli 0,02-0,1
Metalli (contenenti ferro)	0,043
Metalli ferrosi	0,032

*La separazione ed il lavaggio del materiale digestato porta alla formazione di frazioni di materiali inerti, sabbie e tessili. Gli inerti e le sabbie possono essere utilizzate come materiale da costruzione.
Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Trattamento meccanico biologico
Durante il processo di degradazione biologica aerobica i microrganismi degradano il substrato organico dei rifiuti, producendo anidride carbonica, acqua, calore e sostanza organica humificata.
I rifiuti prodotti negli impianti di trattamento meccanico-biologico sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 41: Rifiuti in uscita da un impianto di trattamento meccanico biologico

Frazione utile al recupero di energia	**Quantità prodotte (kg/t di RU)**	**Valore calorifico** (MJ/kg) Inferiore superiore
CDR	300-460	16,6 19,9
Frazione da cui non è possibile recuperare energia		**Destinazione dei materiali e proprietà**
Ferrosi	32-40	Rottamatori
Inerti	48,6 <40 vetro	Riuso
Non ferrosi	8 -10	Recupero materiali
Materiale organico al trattamento biologico	550 perdita di processo 200 rifiuti protrattati da destinarsi in discarica 350	TOC 18 w/w% Potere calorifico > 6 MJ/kg Densità > 1,5 t/m^3 (wet) Conducibilità idraulica K_f<10^{-8} m/s

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [81, VDI and Dechema, 2002], [45, Vrancken et. Al. 2001]

Compost grigio
Il compost grigio, ottenuto dal trattamento di matrici organiche a grado di contaminazione relativamente elevato, può contenere elementi quali rame e zinco essendo dei micronutrienti delle piante. Altri metalli pesanti potrebbero essere presenti nel prodotto finale dopo trattamento aerobico anche a causa del trattamento di rifiuti pericolosi.

Tabella 42: Prodotti in uscita dal trattamento MBT dei rifiuti urbani biodegradabili

Prodotti recuperati	**Produzioni specifiche** (t/t di rifiuto trattato)
Recupero di nutrienti	2,5-10 kg N/t di rifiuti biodegradabili recuperati 0,5-1 kg P/t di rifiuti biodegradabili recuperati 1-2 kg K/t di rifiuti biodegradabili recuperati
Recupero energia	CDR può essere 0,2-0,5 t con un valore calorifico 15-20 MJ/kg. Inoltre in alcuni casi può portare al recupero di energia (>100kWh dipende dalla composizione) dalla degradazione della frazione biodegradabile
Residui solidi totali (dipende dal rifiuto)	0,7-0,9
Prodotti di qualità per il recupero	Metalli 0,05
Altri prodotti residui che possono	CDR (0,3-0,4)

essere utilizzati con delle restrizioni	Frazione organica stabilizzata (0,07-0,2) Indice di respirazione (AT_4): <5-7 mgO2/g ST Produzione di gas: GB21 <20 mg/gST
Residui destinati alla discarica o ad altri trattamenti	Scarti leggeri e pesanti (0,2-0,4)

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [53, Hogg, et al., 2002]

Il prodotto ottenuto dal trattamento aerobico dei rifiuti risulta avere un valore di COD pari a circa 1-3 g, di TOC 0,5-1,5g e di NH_4-N 0,1-0,2g nell'eluato. I valori suddetti dipendono ovviamente dal tipo e dalla durata del trattamento.

Tabella 43: Concentrazioni ci C, N e Cl

Possibili emissioni		Unità di misura	RU non trattati	RU dopo trattamento meccanico biologico
Da gas:	Carbonio	L/kg di sostanza secca gC_{org}/kg sostanza secca	134-233 71,7-124,7	12-50 6,4-26,8
Dall'eluato	TOC	g/kg di sostanza secca	8-16	0,3-3,3
	N	g/kg di sostanza secca	4-6	0,6-2,4
	Cl	g/kg di sostanza secca	4-5	4-6

Note I valori minimi sono riferiti ai valori di stabilizzazione ottenuti da moderni impianti di TMB
Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [81, VDI e Dechema, 2002]

E.3.6 Analisi dei rischi

I fattori di rischio
I potenziali problemi concernenti la salubrità e la sicurezza che ricorrono presso le stazioni di trattamento biologico includono l'esposizione alle polveri ed alle endotossine, il contatto con aerosol ed eventuali sostanze chimiche tossiche, i rumori e gli incidenti connessi con le macchine in uso presso l'impianto. Questi problemi possono essere efficacemente contenuti mediante un'appropriata progettazione delle strutture, degli spazi e delle procedure operative, nonché attraverso un'adeguata formazione del personale.

Elenco sintetico dei rischi

1. Contatto con aree in presenza dei rifiuti (rischio biologico – A tal proposito deve essere effettuata apposita valutazione del rischio biologico con le relative misure tecniche organizzative e procedurali).
2. Contatto con i rifiuti e quindi rischio di abrasioni con parti taglienti o similari. (Rischio biologico, in caso di distruzione manuale di nastri o di altre apparecchiature)
3. Rischio incendio. (Tale rischio è dovuto alla presenza di materiali combustibili stoccati all'interno dell'impianto, come legno e scarti contenenti plastica e carta. A tal proposito deve essere effettuata la valutazione del rischio incendio ai sensi del D.M. 10/3/1998).
4. Rischio di inalazione di polveri, in presenza di materiali movimentati durante le varie attività produttive.
5. Esposizione al rumore fino a 80 dB(A), tra 80 e 85 dB(A), e oltre 85 dB(A). Occorre effettuare apposita valutazione del rischio di esposizione al rumore ai sensi del D.L.277/91.
6. Il rischio legato all'uso del videoterminale è presente solamente per addetti alla segreteria o alle registrazioni (occorre valutare se ricorrono le condizioni di cui all'art. 51 del D.L. 626/94).
7. Rischi meccanici derivanti dalla presenza di macchine in movimento, purché limitati dalla presenza di barriere fisse e crateratura.
8. Rischio di contusione con parti metalliche dell'impianto (travi a sbalzo, scalette, passerelle).

9. Rischio da esposizione a campi magnetici: (la presenza di separatori elettromagnetici, provoca campi magnetici di tipo statico. Il D.M. 2/8/91 reca norme sull'esposizione degli operatori a campi magnetici statici ed impone la durata massima di esposizione per gli operatori).
10. Rischi di investimento o di contusioni dovuti alla presenza di macchine operatrici in movimento.
11. Rischi derivanti da uso improprio dei differenti macchinari per operazioni non conformi.
12. Rischio di esposizione ad agenti chimici (nelle zone in cui avviene l'ossidazione del materiale organico, si ha la potenziale formazione di composti chimici (Ammoniaca e Idrogeno Solforato), da ritenersi dannosi per gli operatori a seconda delle percentuali in cui sono presenti, a tal proposito occorre effettuare apposita valutazione del rischio chimico).
13. Rischio di elettrocuzione dovuto dalla presenza di apparecchiature elettromagnetiche.

Poichè il bioparticolato e le endotossine sono essenzialmente associati entrambi alle polveri, il controllo della dispersione di queste ultime dovrebbe essere pianificato già a livello di progettazione delle strutture impiantistiche e di organizzazione delle operazioni previste nell'ambito della stazione di trattamento aerobico. Queste misure consentono di ridurre i rischi a carico del personale addetto agli impianti e possono riassumersi nei seguenti punti:

- Impedire l'eccessiva disidratazione delle matrici organiche in corso di trattamento e del prodotto finale.
- Umidificare il prodotto finale stoccato, a maggior ragione se da lungo tempo, prima di qualsiasi movimentazione.
- Pavimentare le superfici di lavoro e la viabilità interna della stazione di trattamento.
- Confinare, dove possibile, le operazioni di vagliatura e confezionamento del prodotto finale in strutture chiuse, dotate di sistema di aspirazione e filtrazione dell'aria.
- Proteggere i lavoratori dall'esposizione alle polveri in coincidenza delle operazioni maggiormente responsabili della formazione di bioparticolato (*es.* rivoltamento dei cumuli), usando macchine operatrici a cabina chiusa e climatizzata.
- Applicare, preferibilmente, sistemi di trattamento ad aerazione forzata della matrice in trasformazione piuttosto che basati sul rivoltamento periodico dei cumuli.

In aggiunta ai suddetti accorgimenti, gli addetti all'impianto dovrebbero essere ben informati circa i potenziali rischi biologici presenti presso la stazione di trattamento. Quest'ultimi, ancorché estremamente bassi in individui sani, dovrebbero spingere alla osservanza di precauzioni ed al ricorso ad accorgimenti di protezione personale quali:

- l'uso di mascherine protettive capaci di filtrare particelle di dimensioni inferiori ad 1 micron;
- l'impiego di tute da lavoro da sostituire, in apposito spogliatoio dotato di docce, con gli abiti civili, all'uscita dall'impianto a fine turno lavorativo;
- l'accurato lavaggio delle mani ogni volta vi sia contatto con cibi o bevande;
- il pronto ricorso alla disinfezione a seguito di eventuali piccole ferite.

In definitiva, presso la stazione di trattamento biologico, i rischi di carattere biologico riguardanti la salute umana sono strettamente connessi sia con la suscettibilità degli individui, sia con la natura dei materiali trattati. Mentre i rifiuti organici di origine vegetale presentano una modesta carica di microorganismi potenzialmente patogeni per l'uomo, il quadro cambia drasticamente, ad esempio, nel caso di trattamento dei fanghi di depurazione. Questi ultimi infatti contengono un'elevatissima concentrazione di organismi patogeni. Ciò richiede, da parte degli operatori, un'osservanza maggiormente scrupolosa delle normali misure di sicurezza (*es.* uso di indumenti da lavoro adatti, lavaggio delle mani prima di toccare cibi e bevante o gli occhi, *etc.*). Uno degli aspetti più critici nella manipolazione dei fanghi, quando specialmente questi vengono impiegati allo stato fluido nella preparazione delle miscele di partenza per il trattamento aerobico, è rappresentato dalla possibile formazione e dispersione di aerosoli trasportatori di agenti patogeni (*bioaerosoli*). Le

microgocce sospese nell'aria, contenenti cellule microbiche o particelle virali, costituiscono un veicolo potenziale di infezione, nei confronti del quale le misure possibili di protezione sono il confinamento al chiuso delle operazioni di miscelazione e l'impiego di apposite maschere e guanti da parte degli operatori addetti alla manipolazione dei fanghi.

L'inquinamento acustico

L'inquinamento acustico rispetto ad altri tipi di inquinamento, presenta caratteri particolari dei quali è necessario tener conto.

Innanzi tutto tale forma di inquinamento è temporaneamente labile: in termini fisici esso non ha possibilità di accumulo e scompare non appena cessa di agire la causa che lo ha determinato, anche se dal punto di vista psico-fisico le conseguenze possono accumularsi. In secondo luogo è spazialmente indeterminato in quanto si distribuisce nello spazio in funzione dei movimenti delle sorgenti che lo generano e delle caratteristiche del mezzo di propagazione (l'atmosfera). Inoltre mentre le altre forme di inquinamento non sono direttamente percepite a livello soggettivo e devono pertanto essere sottoposte ad un controllo specifico, l'inquinamento acustico appartiene alla classe dei fenomeni immediatamente percepiti da chi vi sia sottoposto.

Per queste ragioni il problema spesso acquista rilevanti connotazioni sociologiche in quanto la reattività collettiva al fenomeno non è mai completamente determinata a priori ed è connessa anche alle particolari condizioni individuali.

E' importante ricordare che disturbi uditivi importanti si verificano per esposizioni prolungate ad intensità di rumore eccedenti gli 85 decibels. Purtroppo molti dei macchinari utilizzati presso gli impianti di trattamento biologico superano di gran lunga il limite sopra riportato.

Le fonti di rumore in tali impianti sono legate prevalentemente alle apparecchiature utilizzate nelle varie sezioni (vagli, mulini, macchine per movimentazione rifiuti ecc.).

Per l'attenuazione dei livelli sonori nelle zone di lavoro e conseguentemente, nell'area esterna all'impianto possono essere adottati una serie di accorgimenti quali:

- utilizzo di apparecchiature silenziose,
- applicazione di rivestimenti e carenature,
- posizionamento dei macchinari su supporti antivibranti e/o lubrificati,
- utilizzo di griglie fonoassorbenti per prese d'aria esterne (motori),
- completa chiusura degli edifici
- l'impiego di portoni ad apertura/chiusura rapida.

Qualora tali accorgimenti non siano sufficienti a garantire agli operatori condizioni di lavoro salubri è necessario prevedere l'adozione di adeguati dispositivi di protezione individuali (DPI). L'obbligo di adozione di tali dispositivi deve essere opportunamente segnalato per tutte le apparecchiature o le zone dell'impianto caratterizzate da elevati livelli di emissioni sonore.

Un ulteriore fonte di rumore non trascurabile è legato all'intenso traffico veicolare, che può assumere in questo tipo di impianti particolare rilevanza in relazione ai flussi attesi di materiale in ingresso ed in uscita.

E.4 Migliori tecniche e tecnologie degli impianti di trattamento meccanico - biologico

Di seguito vengono individuate le migliori tecniche e tecnologie che dovrebbero essere utilizzate nella realizzazione e gestione degli impianti di trattamento meccanico - biologico con lo scopo di ridurre l'impatto sull'ambiente.

E.4.1 Configurazione base di un impianto

Tutti gli impianti di trattamento meccanico – biologico devono essere dotati di:

- una zona di scarico e accumulo temporaneo dei rifiuti in ingresso;
- una area di pre – trattamento dei materiali;
- un'area di processo;
- un'area destinata ai post- trattamenti;
- una zona di stoccaggio del prodotto finito e di carico sui mezzi in uscita.

Occorre inoltre prevedere:

- zone di rispetto;

- aree per la viabilità;
- strutture di servizio e per la sicurezza dell'impianto.

Area di ricezione e pre-trattamento

Viene definita anche ***area di preparazione***; rappresenta lo spazio necessario per ospitare i materiali organici in entrata.
Nell'area di ricezione degli impianti di trattamento meccanico – biologico è possibile effettuare, se necessaria, la separazione di eventuali materiali indesiderati dalle matrici organiche oggetto di trattamento. Ma, soprattutto, è qui che vengono mescolati gli ingredienti per ottenere la corretta miscela di partenza da avviare alla stabilizzazione. In condizioni climatiche particolarmente avverse, è consigliabile prevedere la copertura di quest'area con apposita tettoia. Gli spazi operativi dovranno inoltre essere appositamente pavimentati e dotati di sufficiente pendenza per la raccolta dei percolati. Barriere di contenimento in cemento dovranno essere disposte lungo almeno uno dei lati del piazzale di ricezione, in modo da facilitare il caricamento dei materiali mediante pala meccanica con cucchiaio frontale.
Quando l'impianto è ubicato in zona sensibile per il manifestarsi di disagi dovuti all'emissione di odori, la sezione di ricezione, condizionamento e miscelazione delle matrici fermentescibili dovrebbe non soltanto essere collocata al coperto, ma addirittura in locale chiuso, dal quale sia possibile convogliare l'aria interna verso gli apparati di filtrazione e deodorizzazione.
È di fondamentale importanza che l'accesso a quest'area e la distribuzione degli spazi siano tali da consentire le operazioni degli automezzi con il minor numero possibile di manovre.
Nel caso di digestione anaerobica i rifiuti subiscono nel reparto di preparazione del substrato una omogeneizzazione, in base alla quale viene regolato il loro contenuto di umidità attraverso miscelazione con acqua di ricircolo o fanghi ed eventualmente viene eseguita una correzione della temperatura, in modo da ottenere una miscela con caratteristiche chimico-fisiche ottimali per poter essere alimentata nei digestori. La regolazione termica può essere effettuata all'interno od all'esterno del di gestore. Nel primo caso viene riscaldata l'acqua di diluizione o la miscela stessa tramite scambiatori di calore nel secondo caso è possibile ricorrere anche all'iniezione diretta di vapore nel digestore.

Area di processo

Negli impianti di **trattamento meccanico biologico**, l'*area di stabilizzazione e maturazione*, indicata anche come *area di processo*, comprende sia gli spazi destinati ad ospitare i cumuli durante la fase attiva del processo, sia quelli destinati al materiale in fase di finissaggio (*curing*).
L'area di processo può essere allestita al di sotto di tettoie qualora si operi in condizioni climatiche caratterizzate da ripetute precipitazioni durante tutto l'arco dell'anno, mentre, se la stazione di di trattamento si trova nelle vicinanze di insediamenti abitativi è consigliabile confinare l'area di processo all'interno di capannoni chiusi, tenuti in leggera depressione e dotati di sistemi per il ricambio dell'aria interna, con dispositivi per la captazione e l'abbattimento degli odori e delle polveri. Occorre prevedere l'impermeabilizzazione delle superfici destinate alla stabilizzazione di rifiuti organici. Con la pavimentazione viene infatti garantita la captazione e la raccolta degli eventuali percolati, impedendo così la migrazione degli stessi negli strati sub-superficiali del terreno o, addirittura, nelle acque di falda. La pavimentazione delle aie di trattamento favorisce, inoltre, un più efficace smaltimento delle acque di pioggia, e l'accesso delle macchine operatrici anche in condizioni meteorologiche avverse.
Nel caso di trattamento in cumuli statici aerati mediante ventilazione forzata, per evitare intralci alle macchine operatrici, il sistema di adduzione dell'aria dovrà essere sistemato al di sopra di uno strato drenante, all'interno di canalette realizzate nella pavimentazione e coperte da griglie rimovibili.
L'estensione dell'area di processo dipenderà dalle caratteristiche dei materiali trattati (*es.* umidità, densità apparente, *ecc.*), per i quali sono necessari tempi di stabilizzazione e maturazione diversi, anche a seconda del sistema di trattamento adottato.

Nel caso di trattamento in cumuli aerati mediante rivoltamento periodico, la macchina utilizzata per movimentare il materiale in trasformazione influirà sulla larghezza dei corridoi tra le andane.
Se il trattamento viene condotto con il sistema in cumuli rivoltati mediante pala meccanica, la larghezza delle fasce intercalate tra le andane dovrà essere di circa 5-6 m, in modo da consentire agilmente le manovre della macchina operatrice. Con un rivoltatore laterale spinto o trainato da un trattore, saranno sufficienti corridoi di circa 3,5 m. La larghezza dei corridoi può ridursi a circa 1 m quando sono impiegate macchine rivoltatrici semoventi cavalca-cumulo. Anche con il sistema di trattamento in cumuli statici aerati, è sufficiente lasciare uno spazio tra le andane intorno a 0,7-1 m.
Nel caso di **digestione aerobica** l'*area di processo* è costituita da una serie di unità di processo (digestori) in cui avviene, in condizioni controllate, la degradazione della sostanza organica e la produzione di biogas.

Area dei post- trattamenti e stoccaggio del prodotto finale
L'*area dei post-trattamenti e di stoccaggio del prodotto finale* comprende gli spazi necessari per eventuali operazioni di vagliatura, miscelazione, additivazione e confezionamento del prodotto finale maturo e di disidratazione dei fanghi e depurazione del biogas nel caso di digestione anaerobica.
Negli impianti di **trattamento meccanico biologico,** l'area di raffinazione dovrà avere almeno le seguenti caratteristiche:

- sistema chiuso;
- idonea pavimentazione per la pulizia ed il recupero degli eventuali reflui;
- sistemi di gestione atti ad evitare la dispersione eolica del materiale.
- presidio ambientale per abbattimento delle polveri.

Nel caso di trattamento aerobico, se il prodotto finale sfuso non viene trasferito agli utilizzatori in un periodo di tempo sufficientemente breve, potrebbe rendersi necessario uno stoccaggio al coperto. Specialmente nella stagione invernale, le precipitazioni ripetute rischiano di bagnare eccessivamente e dilavare il prodotto finale.
Tuttavia, è elemento da tenersi in considerazione anche il rischio che il prodotto maturo, stoccato per lungo tempo all'aperto, possa essere contaminato da semi di piante infestanti trasportati dai venti. Nella progettazione di una stazione di trattamento aerobico, si ritiene comunque ragionevole prevedere un'area di stoccaggio destinata al prodotto finale di almeno 3 mesi di produzione.
Nel caso di **digestione anaerobica**, il biogas prodotto, contenente circa il 50-60% di metano, viene depurato e avviato al reparto di produzione di energia (elettrica e/o termica), che è in parte utilizzata per gli autoconsumi dell'impianto ed in parte commercializzata all'esterno sotto forma di energia elettrica o termica.
Il fango digerito viene estratto dalle unità di digestione anaerobica ed inviato al reparto di disidratazione dal quale, attraverso una serie di operazioni di pressatura e di filtrazione, si ottiene una corrente di fanghi a basso contenuto di umidità ed una corrente di reflui di processo. Questi ultimi possono essere in parte ricircolati al reparto di preparazione del substrato e per la restante parte avviati all'impianto di depurazione. Il fango digerito e disidratato viene invece avviato alla sezione di stabilizzazione aerobica, che si compone di una prima fase di biossidazione accelerata e di una successiva post-maturazione.
Il prodotto ottenuto viene avviato al reparto di raffinazione per l'eliminazione di quelle impurezze che potrebbero comprometterne il successivo utilizzo.
Nell'impianto è presente normalmente un reparto per lo stoccaggio sia dei prodotti commercializzabili, che degli scarti da inviare allo smaltimento finale.

Le *zone di rispetto* rappresentano quelle aree interposte tra la stazione di trattamento ed eventuali insediamenti o punti sensibili presenti nelle vicinanze dell'impianto.

Esistono specifici strumenti normativi regionali e nazionali che stabiliscono le distanze di sicurezza minime cui attenersi nella realizzazione di una stazione di trattamento biologico, rispetto ai diversi obbiettivi sensibili (*es.* abitazioni, insediamenti produttivi, corsi d'acqua, *etc.*).

E.4.2 Stoccaggio

La ricezione e tutte le aree di accumulo di matrici ad alta putrescibilità (RU indifferenziati o residui, frazioni di lavorazioni intermedie o finali ad elevata contaminazione da organico) devono essere:

- realizzate al chiuso;
- dotate di pavimento in calcestruzzo impermeabilizzato;
- dotate di opportuni sistemi di aspirazione e trattamento delle arie esauste;
- dotate di sistema di raccolta degli eventuali percolati.

Deve essere redatto un piano di pronto intervento in caso di incendio.
Le strutture confinate per lo stoccaggio in ingresso dei materiali ad elevate fermentescibilità (sili, trincee coperte, vasche, ecc) vanno diversificate per tipologia di biomassa e dimensionate su un minimo di 2 giorni ed un massimo di 5 giorni (onde evitare estesi fenomeni putrefattivi); le strutture di ricezione e stoccaggio vanno rese accessibili mediante portali ad apertura e chiusura rapida.

La ricezione e tutte le aree di accumulo di rifiuti a bassa putrescibilità (frazioni secche derivanti da raccolta differenziata, frazioni di lavorazioni intermedie o finali a bassa contaminazione da organico quali metalli, inerti, RU essiccati o bioessiccati) devono essere:

- realizzate almeno sotto tettoia o all'aperto in cassoni chiusi;
- dotata di pavimentazione realizzata in asfalto o in calcestruzzo;
- dotata di sistemi di raccolta delle acque di lavaggio delle aree stesse.

Tutte le aree di accumulo, nelle quali sia prevista la presenza non episodica di operatori, devono essere realizzate in modo tale da essere facilmente lavabili.
Tutte le aree di accumulo temporaneo (non a scopo di processo biologico) di rifiuti ad elevata putrescibilità, nelle quali sia prevista la presenza non episodica di operatori, devono essere liberate e lavate con adeguata frequenza.

E.4.3 Movimentazioni

Qualora la movimentazione dei rifiuti sia eseguita in manuale da operatore su pala meccanica ragno o gru ponte, la cabina di manovra della macchina deve essere dotata di climatizzatore e sistema di filtrazione adeguato alle tipologie di rifiuti da movimentare.
In caso di movimentazione di rifiuti ad elevata putrescibilità con pala gommata o ragno, tutte le aree di manovra devono essere realizzate in calcestruzzo corazzato.

E.4.4 Modalità di realizzazione delle linee di trattamento

Nel caso di trattamento biologico dei rifiuti occorre prevedere appositi accorgimenti impiantistici e tecnologici che sono di seguito riassunti:

- gestione delle fasi di pre-trattamento (lacerazione sacchi, triturazione, miscelazione, vagliatura primaria, ecc.) e trasformazione attiva degli impianti di trattamento aerobico (ACT) in strutture chiuse; vengono considerate strutture chiuse i tunnel, le biocelle/biocontainer, i capannoni tamponati integralmente, i sili, i bioreattori dinamici a cilindro.

- realizzazione di una capacità aggiuntiva di stoccaggio in ingresso per la "quarantena" di biomasse su cui vanno saltuariamente eseguiti accertamenti analitici per l'accettazione o i programmi di miscelazione (es. fanghi biologici);
- per la parte di scarto alimentare adozione di sistema di pre-trattamento (macchinario di trito-miscelazione o lacerasacchi) che eviti la frammentazione di eventuali inerti vetrosi (sfibratori a basso numero di giri/minuto, quali macchinari a coclee, a denti, a coltelli, ecc.);
- collegamento automatico della ventilazione e/o della movimentazione della massa al sistema di monitoraggio delle condizioni di processo; possibilità di monitoraggio a distanza (es. con rete GSM o internet);
- possibilità, in fase attiva, di modulazione delle portate d'aria specifiche in relazione ai riscontri di processo, o almeno nelle diverse sezioni (corrispondenti a biomassa a diversi stadi di maturazione);
- adozione di un sistema di aerazione forzata della biomassa anche in fase di maturazione;
- riutilizzo preferenziale delle arie aspirate dalle sezioni di ricezione e pre-trattamento per l'ambientalizzazione delle sezioni di biossidazione attivo e/o per l'insufflazione della biomassa; il bilancio complessivo tra arie immesse ed estratte dalle sezioni di biossidazione attivo deve comunque essere negativo, con saldo netto pari ad almeno 3 ricambi/ora;
- previsione, a monte del sistema di biofiltrazione degli odori, di un sistema di lavaggio ad acqua delle arie esauste;
- per impianti di dimensione medio-grande e grande (superiori a 50-100 tonnellate/die in ingresso alla sezione di bioconversione) ed in siti a forte sensitività (topograficamente contigui ad abitazioni sparse od aggregate, indicativamente entro i 500 metri) tunnel, biocelle, biocontainer e altri sistemi a bioreattore confinato vanno preferibilmente dislocati all'interno di edifici chiusi onde captare le emissioni in fase di carico/scarico; alternativamente, si può prevedere l'allestimento di una apposita area di carico dei biocontainer (se mobili) all'interno degli edifici adibiti alla ricezione e pre-trattamento;
- chiusura delle aree di processo anche per la fase di maturazione, od adozione di sistemi statici semiconfinati (es. mediante teli); tale indicazione diventa tendenzialmente prescrittiva nel caso di localizzazioni critiche (indicativamente, entro i 500 metri) e/o ad alte capacità operative (indicativamente superiori alle 50-100 ton/die in ingresso alla sezione di bioconversione);
- svolgimento al chiuso delle operazioni di vagliatura, per il contenimento delle emissioni acustiche e la dispersione eolica; in questo caso non è necessaria l'aspirazione ed il trattamento odori delle arie esauste, mentre può essere valutata la predisposizione di sistemi di aspirazione localizzata con abbattimento delle polveri (es. tramite filtro a maniche).
- previsione, in fase attiva, della aerazione forzata della biomassa, per aspirazione e/o insufflazione;
- dimensionamento del sistema di ventilazione nella prima fase di trasformazione non inferiore ad una portata specifica media continuativa (ossia tenendo conto dei tempi eventuali di spegnimento) di 15 $Nm^3/h*t$. di biomassa (tal quale);
- previsione di tempi di spegnimento non superiori a 30 minuti ;
- predisposizione di strumenti di controllo del processo, con dotazione almeno di sonde termometriche;
- predisposizione di sistemi per l'inumidimento periodico della biomassa, in particolare nella fase attiva;
- altezza del letto di biomassa in fase attiva non superiore a 3 metri (con tolleranza del 10%) per sistemi statici; non superiore a 3,5 metri (con tolleranza del 10%) per sistemi dinamici.

Il "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Industries" di riferimento in particolare prevede:

a) nel caso di digestione anaerobica
- una stretta integrazione tra il sistema di trattamento dei rifiuti e il sistema di trattamento delle acque di processo;
- il massimo riutilizzo delle acque di processo all'interno del reattore;
- la realizzazione delle condizioni di termofilia durante il processo di digestione anaerobica;
- la misurazione sui flussi in ingresso e in uscita dei livelli di: TOC, COD, N, P,Cl;
- la massimizzazione della produzione di biogas;

b) nel caso di trattamento aerobico:
- l'utilizzo di reattori chiusi;
- il non instaurarsi di condizioni anaerobiche, controllando il processo mediante l'insufflazione di aria (attraverso un circuito a ciò dedicato) e adattando l'aerazione alla reale attività di degradazione biologica;
- l'efficace utilizzo delle acque di processo;
- l'isolamento termico della copertura dell'aria di maturazione;
- la minimizzazione della produzione di gas esausti a livelli di 2.500 – 5.000 Nm^3/t di rifiuto;
- l'alimentazione uniforme dei rifiuti;
- riutilizzo delle acque di processo o dei residui fangosi all'interno del processo stesso al fine di limitare i reflui liquidi;
- la continua caratterizzazione delle caratteristiche dei rifiuti e il monitoraggio di parametri quali le portate e i volumi di massa.

E.4.5 Manutenzione

Devono essere previsti accorgimenti in grado di eseguire agevolmente operazioni di manutenzione; a tale scopo tutti i macchinari impiegati nel trattamento meccanico – biologico devono essere dotati di:
- sistemi di ingrassaggio e lubrificazione automatici o centralizzati;
- cuscinetti autolubrificanti (dove possibile);
- contatori di ore di funzionamento, per la programmazione degli interventi di manutenzione;
- pulsantiere locali per azionamento manuale delle macchine durante le manutenzioni;
- possibilità di accesso in tutte le zone con mezzi di sollevamento (manipolatore telescopico, autogrù) per interventi di modifica o manutenzione pesante. Qualora gli spazi a disposizione non lo permettano, occorrerebbe prevedere un carro ponte o paranchi di manutenzione dedicati.

E.4.6 Accorgimenti per limitare la diffusione di rifiuti negli ambienti di lavoro

Negli impianti di selezione meccanica devono essere previsti accorgimenti in grado di impedire la fuoriuscita dei rifiuti dai nastri e dalle macchine di trattamento per mantenere la pulizia degli ambienti; a tale scopo occorre mettere in opera:
- nastri trasportatori ampiamente dimensionati dal punto di vista volumetrico;
- pulitori sulle testate dei trasportatori e nastrini pulitori al di sotto dei trasportatori;
- carterizzazioni;
- cassonetti di raccolta del materiale di trascinamento, in corrispondenza delle testate posteriori o dei rulli di ritorno;
- strutture metalliche di supporto delle macchine tali da permettere il passaggio di macchine di pulizia dei pavimenti.

E.4.7 Limitazione delle emissioni

Generalità

Gli impianti di trattamento meccanico – biologico devono essere eserciti in modo da non produrre emissioni dannose all'ambiente esterno e all'ambiente di lavoro, in particolare:

- emissioni di polveri
- emissioni di sostanze osmogene
- emissione di rumori
- scarichi liquidi
- produzione di rifiuti

Non si devono, inoltre, produrre:

- infestazioni di insetti e roditori
- condizioni dannose alla salute negli ambienti di lavoro

Il BREF di riferimento suggerisce di ridurre le emissioni derivanti dal trattamento meccanico – biologico ai seguenti livelli:

Tabella. 44: Livelli di riduzione delle emissioni nei gas esausti

	Concentrazione nei gas esausti
Emissioni osmogene ouE/m^3	<500 – 6000
NH3	<1-20 mg/Nm^3
VOC	7-20[1] mg/Nm^3
PM	5-20 mg/Nm^3
[1]Per bassi carichi di VOC il limite superiore può essere esteso a 50	

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries"

Emissioni di polveri

Nelle fasi di processo in cui è prevista l'emissione di polveri (pre- trattamenti, post – trattamenti), occorre prevedere:

- ricambi d'aria degli ambienti chiusi in cui si svolgono le operazioni di trattamento;
- sistemi di aspirazione concentrata (cappe collocate su salti nastro, tramogge di carico e scarico, vagli, copertura con appositi carter di macchine e nastri, ecc).

Deve essere, inoltre, assicurato un numero di ricambi d'aria adeguato alla intensità delle emissioni ed alla presenza di operatori all'interno del capannone, variabile da 2 a 4.

L'aria aspirata con entrambi i sistemi deve essere trattata con filtri a tessuto aventi caratteristiche tali da assicurare un'efficienza di abbattimento pari ad almeno il 98% delle emissioni in ingresso; in ogni modo devono essere definiti:

- tipo di tessuto (polipropilene o feltro poliestere)
- max velocità di attraversamento (1,25 m^3/m^2*min)

Va, inoltre, prevista:

- la pulizia automatica delle maniche
- l'evacuazione delle polveri tramite contenitori a tenuta
- la caratterizzazione delle polveri raccolte al fine di individuare le modalità di smaltimento più adeguate

Limitazione delle emissioni odorose

Le emissioni di odori sono di norma connesse alla presenza di sostanze organiche allo stato liquido e solido nei rifiuti trattati. Vanno utilizzati i sistemi di abbattimento degli odori il cui dimensionamento è stato già ampiamente descritto nel paragrafo E 2.3.

Limitazione delle emissioni liquide

Gli impianti devono essere dotati di un sistema di raccolta delle acque di scarico in cui sono distinte:

- la raccolta ed il trattamento delle acque di processo
- la raccolta ed il trattamento delle acque sanitarie
- la raccolta ed il trattamento delle acque di prima pioggia
- la raccolta ed il trattamento o il recupero delle acque meteoriche

In ogni caso deve essere valutata la possibilità di riuso delle acque usate (ad esempio acque degli scrubber per la depolverazione precedente i filtri biologici).

Le acque di lavaggio delle aree di accumulo di rifiuti e le acque di processo (percolati) devono essere raccolte in un sistema fognario indipendente da quello delle acque meteoriche e inviate a depurazione in loco o a opportuni serbatoi o vasche di stoccaggio provvisorio, provvisti di bacino di contenimento a norma di legge, per il successivo invio ad un impianto di depurazione centralizzato.

Le acque di prima pioggia (corrispondenti ai primi 5 mm di precipitazione) cadenti sulle superfici coperte e sulle superfici scoperte e impermeabilizzate all'interno della recinzione dell'impianto devono essere raccolte in apposite vasche e inviate a depurazione dopo analisi del tipo di inquinanti contenuti.

Le acque provenienti dagli impianti sanitari devono essere inviate all'impianto di depurazione centralizzato o depurate in loco, nel rispetto della normativa vigente (D. Lgsl. 152/99).

Produzione dei rifiuti

Occorre limitare la quantità di rifiuti, tenendo presente che occorre trovare un punto di equilibrio tra la necessità di ottenere materiali rispondenti a specifici standard di qualità più facilmente allocabili sul mercato e l'efficienza dell'impianto in termini di rendimento di separazione e di recupero. Va evidenziato che piccoli incrementi di qualità dei materiali possono richiedere l'utilizzo di apparecchiature più complesse, aumentando i costi di trattamento ed i consumi di energia .

I principali tipi di rifiuti generati sono:

- gli inerti che dovranno essere inviati in discarica;
- il CDR che sarà utilizzato per il recupero energetico;
- il biogas (nel caso di trattamento anaerobico) che dovrà essere impiegato a fini energetici;
- i fanghi (nel caso di trattamento aerobico) che dovranno essere destinati a un circuito di recupero (anche integrato con un successivo trattamento aerobico – vedi paragrafo F) e/o all'utilizzo energetico;
- i sovvalli.

Limitazione della produzione dei rumori

Per quanto riguarda, nello specifico, la limitazione delle emissioni di rumori è necessario, preliminarmente, individuare tutte le possibili sorgenti (comprese le sorgenti casuali) e le posizioni sensibili più vicine a tali sorgenti. Al fine di limitare i rumori è necessario acquisire, per ogni sorgente principale di rumore, le seguenti informazioni :

- posizione della macchina nella planimetria dell'impianto
- funzionamento (continuo, intermittente, fisso o mobile)
- ore di funzionamento
- tipo di rumore
- contributo al rumore complessivo dell'ambiente

E' anche necessario eseguire campagne di misure, e mappare i livelli di rumore nell'ambiente
Dopo l'acquisizione di tutte le informazioni necessarie vanno individuati i provvedimenti da attuare.
Tutte le macchine devono essere messe a norma e devono essere dotate di sistemi di abbattimento dei rumori, in particolare i trituratori primari. I livelli sonori medi sulle 8 ore del turno lavorativo non devono superare gli 80 dB (A) misurate alla quota di 1,6 m dal suolo e a distanza di 1 m da ogni apparecchiatura.
Le macchine che superano i limiti previsti dalle norme devono essere insonorizzate. All'esterno dei capannoni devono essere verificati livelli di rumore inferiori a quelli ammessi dalla zonizzazione comunale, normalmente inferiori a 60 dB.

Limitazione delle infestazioni
La buona conduzione degli impianti sono la prima condizione per la riduzione del pericolo di infestazioni da insetti e roditori. La gestione dell'impianto deve prevedere campagne di disinfezione e disinfestazione con frequenza adeguata all'incidenza dei casi riscontrata.
Possono essere previsti sistemi automatici di disinfezione e/o disinfestazione, nelle ore notturne, con irrorazione di prodotti abbattenti per insetti (mosche) in particolare sulle aree di ricezione e sulle fosse rifiuti. Occorre comunque verificare che i prodotti usati non compromettano la qualità dei prodotti recuperati.

E.4.8 Sicurezza e prevenzione degli infortuni
I principali problemi legati alla prevenzione degli infortuni nell'ambito degli impianti di trattamento meccanico – biologico riguardano i macchinari in uso. Sia le macchine operatrici (*es.* trituratori, pale meccaniche, rivoltatrici, nastri trasportatori *ecc.*) che le attrezzature fisse (*es.* separatori balistici, mulini, vagli, presse, *ecc.*) devono essere dotate dei requisiti di sicurezza stabiliti dalle norme vigenti. Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla schermatura degli organi meccanici rotanti dotati di elevata velocità di movimento. In particolare, gli organi fresanti delle macchine volta-cumuli, devono impedire l'eiezione di pietre o altri corpi contundenti eventualmente presenti nel materiale in corso di movimentazione. Gli operatori dovranno poi avere a disposizione i sistemi di protezione standard (*es.* occhiali, guanti, mascherine, calzature rinforzate), di volta in volta previsti per lo svolgimento in sicurezza delle mansioni cui sono destinati.
Anche il fuoco può rappresentare, in talune circostanze, un problema da tenere in considerazione nella gestione degli impianti di trattamento biologico. Se il materiale in trasformazione è mantenuto entro i livelli di umidità appropriata per il processo, i rischi di combustione spontanea sono limitati, specialmente presso gli impianti in cui il trattamento dei materiali avviene all'aperto. Tuttavia, se le matrici organiche in corso di stabilizzazione vanno incontro ad una eccessiva disidratazione, peraltro in cumuli di grandi dimensioni, l'autocombustione può diventare un rischio serio. Questo fenomeno avviene solitamente quando lo stadio termofilo del processo provoca la rapida diminuzione dell'umidità del substrato entro valori compresi tra il 25 ed il 45 %. A questo punto, nella parte interna dei cumuli con altezza largamente eccedente i 3,5 m, il calore può innescare reazioni chimiche che portano alla combustione spontanea del substrato. Insieme, il controllo del contenuto di umidità e della temperatura entro i limiti ottimali per il trattamento aerobico e l'allestimento di cumuli di dimensioni compatibili con il corretto svolgimento delle reazioni di trasformazione costituiscono il sistema di prevenzione più efficace nei confronti dei fenomeni di autocombustione. La presenza di un adeguato sistema antincendio è comunque obbligatoria per ogni stazione di trattamento biologico.

E.5 Migliori tecniche di gestione degli impianti di trattamento meccanico - biologico

Prima di iniziare l'esercizio dell'impianto è necessario che il gestore abbia dimostrato di avere approntato i seguenti piani:
- Piano di gestione operativa
- Programma di sorveglianza e controllo
- Piano di ripristino ambientale per la fruibilità del sito a chiusura dell'impianto secondo la destinazione urbanistica dell'area.

Nelle procedure operative di gestione e di manutenzione il criterio guida deve essere quello di minimizzare il contatto diretto degli operatori con i rifiuti, la loro permanenza in ambienti in cui sono presenti polveri e/o sostanze potenzialmente dannose per la salute, le operazioni di intervento manuale sulle macchine ed apparati tecnologici.

E.5.1 Piano di gestione operativa

In fase di esercizio gli impianti di selezione devono disporre di un piano di gestione operativa che individui le modalità e le procedure necessarie a garantire un elevato grado di protezione sia dell'ambiente che degli operatori presenti sull'impianto.
Per predisporre un adeguato piano di gestione operativa è consigliabile individuare procedure e controlli in funzione delle differenti fasi che caratterizzano il processo di trattamento.
Una fase comune a tutti gli impianti di selezione è quella del controllo dei rifiuti in ingresso. Tale controllo deve verificare la presenza e la corretta compilazione dei documenti di accompagnamento oltre alla corrispondenza dei documenti di accompagnamento e rifiuti mediante controllo visivo. Il conduttore dell'impianto deve sorvegliare il rispetto da parte del trasportatore delle norme di sicurezza, dei segnali di percorso e delle accortezze per eliminare i rischi di rilasci e perdite di rifiuti; in fase di scarico, inoltre, gli eventuali materiali non conformi devono essere allontanati e depositati in area dedicata.
Nelle procedure operative di gestione e di manutenzione il criterio guida deve essere quello di minimizzare il contatto diretto degli operatori con i rifiuti, la loro permanenza in ambienti in cui sono presenti polveri e/o sostanze potenzialmente dannose per la salute, le operazioni di intervento manuale sulle macchine ed apparati tecnologici.

E.5.2 Programma di sorveglianza e controllo (PSC)

Nell'ambito delle BAT va individuata la predisposizione ed adozione di un programma di sorveglianza e controllo, previsto, peraltro, in alcune leggi regionali a carico di tutti gli impianti di gestione dei rifiuti finalizzato a garantire che :
1. tutte le sezioni impiantistiche assolvano alle funzioni per le quali sono progettate in tutte le condizioni operative previste,
2. vengano adottati tutti gli accorgimenti per ridurre i rischi per l'ambiente ed i disagi per la popolazione,
3. venga assicurato un tempestivo intervento in caso di incidenti ed adottate procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie nel processo produttivo,
4. venga garantito l'addestramento costante del personale impiegato nella gestione,
5. venga garantito alle autorità competenti ed al pubblico l'accesso ai principali dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza,
6. vengano adottate tutte le misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti,
7. venga garantita la qualità dei rifiuti trattati.

Il controllo e la sorveglianza dovrebbero essere condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente ed i prelievi e le analisi previste per garantire il rispetto dei limiti alle emissioni,

indicate nei documenti autorizzativi, dovrebbero essere effettuati da laboratori competenti, preferibilmente indipendenti, operanti in regime di qualità secondo le norme ISO 9001 per le specifiche determinazioni indicate nel provvedimento autorizzativo.

I contenuti del PSC devono essere correlati, per quanto di competenza, con quelli del Piano di gestione.

Il PSC deve, inoltre, contenere i piani e le modalità esecutive dei controlli relativi a:

- controlli e verifiche in punti prestabiliti all'interno del ciclo di trattamento per verificarne il corretto funzionamento in ogni fase
- controlli all'esterno dell'impianto sia dell'aria che del suolo utilizzando eventualmente anche indicatori biologici con modalità e caratteristiche proporzionali ai risultati attesi;
- verifica delle concentrazioni degli scarichi idrici a monte e a valle dell'impianto per il trattamento delle acque di scarico.

Di seguito si riportano alcune tabelle che individuano in via generalizzata e a titolo esemplificativo fasi e tipi di controlli.

Tabella 45: Descrizione dei controlli di ogni fase del trattamento meccanico – biologico.

FASE	DESCRIZIONE - CONTROLLI
Stoccaggio rifiuti	I rifiuti urbani indifferenziati vengono scaricati nell'area dedicata (stoccaggio su pavimento a raso o in fossa). L'operatore prima delle successive lavorazioni deve assicurare che tra i rifiuti in ingresso non vi siano materiali indesiderati; qualora tali materiali fossero presenti deve provvedere a rimuoverli e a depositarli in apposita area. Il controllo del prodotto è di tipo visivo. L'area di stoccaggio è mantenuta in depressione mediante aspirazione d'aria con un numero minimo di 3 ricambi per ora. L'operatore deve verificare il funzionamento del sistema di aspirazione della zona di stoccaggio del materiale. In caso di necessità è opportuno prevedere la possibilità di intervenire sulle portate aspirate. L'alimentazione delle linee di processo è effettuata mediante sistemi su carroponte o con pala meccanica.
Triturazione	I rifiuti vengono movimentati dall'area di stoccaggio fino al trituratore-aprisacco; qualora per la movimentazione venga utilizzato un nastro a velocità variabile l'operatore deve regolare adeguatamente la portata e controllare la lavorazione. Il trituratore lacera i sacchi pieni e tritura il materiale in essi contenuto. Il trituratore deve essere dotato di sistemi automatici di arresto ed eventuale eliminazione dei materiali non triturabili.
Vagliatura	Effettuata la triturazione il materiale viene movimentato fino al vaglio. Il vaglio dà origine a due differenti flussi di materiali: frazione umida a prevalente matrice organica; frazione secca (sovvallo). Tali flussi vengono poi movimentati fino all'area di caricamento o di ulteriore trasformazione. L'operatore controlla l'eventuale ostruzione dei fori del vaglio. E' opportuno prevedere la possibilità di estrarre (mediante ulteriore vaglio o utilizzo di vagli a più sezioni con differente foratura) anche materiali fini ($\Phi < 20$ mm)
Deferrizzazione, stoccaggio materiali ferrosi e caricamento per riutilizzo	Mediante separatore magnetico la frazione secca e quella umida vengono private della loro componente ferrosa, che viene raccolta in un apposito volume di stoccaggio. L'operatore deve controllare giornalmente il livello di riempimento dello stoccaggio e qualora sia pieno provvedere a mandare il materiale a recupero.
FRAZIONE UMIDA – **TRATTAMENTO MECCANICO – BIOLOGICO**	**Controllo del processo:** Fermi restando i criteri generali per la regolare gestione degli impianti destinati al trattamento di rifiuti, il corretto svolgimento dei trattamenti viene garantito monitorando con opportuna tempistica i rifiuti, al momento del conferimento e durante il trattamento, e i prodotti finali secondo quanto indicato nelle tabelle successive. **Metodiche analitiche** In riferimento ai parametri indicati nelle tabelle successive si rimanda alle metodiche analitiche previste dalla normativa vigente in materia.
Disinfestazione	Deve essere previsto un idoneo programma di disinfestazione per l'eliminazione di eventuali mosche, ratti o altri animali.
Acque di percolazione	Le acque di percolazione provenienti dalla zona di stoccaggio del materiale in lavorazione devono essere convogliate mediante apposita rete nella vasca di raccolta del percolato. Successivamente devono essere inviate ad impianti di depurazione mediante autobotte o trattate in sito. Deve essere monitorato giornalmente il livello di riempimento del sistema di accumulo.
Controllo odori	Nelle aree di potenziale generazione di odori deve essere installato un sistema di aspirazione che provveda a ricambiare l'aria; l'aspirazione dall'interno garantisce inoltre la necessaria depressione per evitare la propagazione dei cattivi odori verso l'esterno. L'operatore deve verificare il funzionamento del ventilatore. L'aria estratta viene mandata al biofiltro e all'eventuale torre di lavaggio per essere depurata. L'operatore deve provvedere ad un'accurata manutenzione del biofiltro garantendone il necessario grado di umidità.
Controllo gas di scarico e rumore	L'operatore deve provvedere a far tenere accesi i motori dei mezzi in lavorazione e scarico per il tempo strettamente necessario.

Tabella 46: Principali parametri analitici da monitorare:**biostabilizzazione e bioessiccazione**

Fase di processo	Tipo di controllo	Frequenza del controllo
Rifiuto in ingresso	Controllo visivo dell'eventuale presenza di rifiuti non classificabili come urbani (ingombranti, sanitari, pericolosi, speciali non assimilabili, ecc.)	Ad ogni conferimento
	Caratterizzazione merceologica	Semestrale
	Determinazione del rapporto C/N, dell'umidità e della densità del rifiuto	Mensile o nel caso di manifesto cambiamento della tipologia del rifiuto
Pretrattamenti	Controllo dell'eventuale presenza di rifiuti di dimensioni grossolane (dopo l'eventuale triturazione, prima dell'avvio alla selezione)	In continuo
Rifiuto in via di trattamento	Misurazione di temperatura, tenore di O_2 o CO_2,	Quotidiano/settimanale
	Misurazione dell'indice di respirazione statico o dinamico sulla biomassa in via di stabilizzazione e/o bioessiccazione	3 - 4 volte/anno alla fine della fase di biossidazione
	Caratterizzazione dimensionale (dopo l'eventuale triturazione, prima dell'avvio alla selezione)	Semestrale
Prodotto in uscita	Misurazione di umidità sul biostabilizzato e/o bioessiccato	Da settimanale a mensile
	- Determinazione dell'indice di respirazione statico o dinamico - Determinazione dei parametri previsti dalla legge	3 - 4 volte/anno sul prodotto finale

Tabella 47: Principali parametri analitici da monitorare: digestione anaerobica

Fase di processo	Tipo di controllo	Frequenza del controllo
Avviamento	**Alimentazione** TS, TVS, TCOD **Reattore** TS, TVS, TCOD, pH alcalinità, VFA	**Alimentazione** 1 volta settimana **Reattore** 2 volte alla settimana per i parametri di massa, 3 volte per i parametri di controllo
Condizioni di regime	**Alimentazione** TS, TVS, TCOD **Reattore** TS, TVS, TCOD, pH alcalinità, VFA	**Alimentazione** 1 volta settimana **Reattore** 1 volte alla settimana per i parametri di massa, 2 volte per i parametri di controllo

Tabella 48: Parametri per le misure on line – digestione anaerobica

Parametro	**Obiettivo**	**Indicazioni di progetto**
Temperatura	Monitorare le condizioni ambientali e il regime termico del digestore	Normalmente vengono utilizzate termocoppie interfacciate opportunamente in modo da poter inviare il segnale a quadro. Per la misura della temperatura interna al digestore deve essere prevista la possibilità di utilizzare un punto di campionamento rappresentativo della temperatura media interna
Pressione	Monitorare la sovrapressione interna al digestore	Deve essere utilizzata una sonda piezometrica adatta a resistere alle caratteristiche del biogas ed alla temperatura di esercizio del digestore
Portata del biogas	Parametro indispensabile per i bilanci di massa e per il controllo del processo	Deve essere utilizzato uno strumento in grado di misurare affidabilmente un intervallo di portata anche esteso al fine di garantire la misura anche nelle condizioni di avviamento e di transiente
	Parametri indispensabili per il controllo del processo e per la gestione della caldaia e del gruppo di cogenerazione	Possono essere utilizzati strumenti in linea basati su misure ad infrarossi ovvero determinazioni off-line attraverso analisi gas-cromatografica

Tabella 49: Parametri contenuti nelle tabelle di marcia, di gestione e monitoraggio del processo di digestione anaerobica

	Parametro	**Unità di misura**	**Tecnica di acquisizione**
Parametri Fisici	Temperatura esterna	°C	Termocoppia
	Temperatura reattore	°C	Termocoppia
	Pressione reattore	mm c.a.	Sonda piezometrica
Parametri linea gas	Portata	m^3/d, m^3/h	Misuratore flangia tarata
	% CO_2	%	Sonda IR, gascromatografia
	% CH_4	%	Sonda IR, gascromatografia
	%H_2S	%	Gascromatografia
Parametri alimentazione reattore	TS	g/kg	Gravimetria
	TVS	g/kg	Gravimetria
	STS	g/kg	Gravimetria
	SVS	g/kg	Gravimetria
	TCOD	gO_2/kg	Digestione e retrotitolazione
	SCOD	gO_2/kg	Digestione e retrotitolazione
	TOC	%, g/kg	Analisi elementare
	pH		Strumentale
	TA(6), TA(4)	$GCaCO_3/l$	Titolazione
	Anioni (PO_4, SO_4,Cl, Br, NO_2, ecc)	ppm	Cromatografia ionica
	Catoni (NH_4, Ca, Mg, ecc)	ppm	Cromatografia ionica
	Metalli pesanti	ppm	Assorbimento atomico, ICP
	Microinquinanti	ppm, ppb	Tecniche specifiche

Tabella 50: Parametri contenuti nelle tabelle di marcia, di gestione e monitoraggio del processo di digestione anaerobica

Parametro	**Definizione**	**Determinazione**	**Unità di misura**
Linea gas			
GP	Produzione di gas	GP/Vr	m^3/d
GPR	Velocità di produzione di gas	GPR/OLR	$m^3/m^3_{reattore}d$
SGP	Produzione specifica di gas	GPR/SOLR	$m^3/kg\ TVS_f$
SGP*	Produzione specifica di biogas rispetto alla biomassa	GP x CH_4%	$m^3/(kg\ TVS_f,\ TVS_r)$
MP	Produzione di metano	GP x CH_4%	$m^3\ CH_4/\ d$
MPR	Velocità di produzione di metano	GPR x CH_4%	$m^3\ CH_4/\ m^3_{reattore}d$
SMP	Produzione specifica di metano	SGP x CH_4%	$m^3\ CH_4/\ kg\ TVS_f$
SMP*	Produzione specifica di metano rispetto alla biomassa	SGP x CH_4%	$m^3\ CH_4/\ (kg\ TVS_f,\ TVS_r)$
Alimentazione e reattore			
TVS/TV			%
STS/SVS			%
SCOD/TCOD			%
TCOD/TVS			
TA(4) – TA(6)			$GCaCO_2/l$
HRT	Tempo di ritenzione idraulico	Vr/Qf	d
OLR	Carico organico	Q x TVS_f/Vr	$KgTVS/m^3d$
SOLR	Carico organico specifico	Q x TVS_f/(Vr x TVSr)	$KgTVS/kgTVS_rd$
RR	Rapporto di ricircolo		%

E.5.3 Strumenti di gestione ambientale

Personale
La responsabilità della gestione dell'impianto di trattamento deve essere affidata ad una persona competente, tutto il personale deve essere adeguatamente addestrato.

Benchmarking
Risulta opportuno analizzare e confrontare, con cadenza periodica, i processi, i metodi adottati e i risultati raggiunti, sia economici che ambientali, con quelli di altri impianti e organizzazioni che effettuano le stesse attività.

Certificazione
Le attività connesse con la gestione dell'impianto e le varie procedure operative che le regolamentano devono far parte di un apposito manuale di gestione al quale il gestore dell'impianto dovrà attenersi. E' necessario attivare le procedure per l'adozione sistemi di gestione ambientale (EMS) nonchè di certificazione ambientale (ISO 14001) e soprattutto l'adesione al sistema EMAS.

Sistemi di supervisione e controllo
Per gli impianti che trattano elevate quantità di rifiuti, tutti i sistemi, gli apparati e le apparecchiature costituenti l'impianto devono essere sottoposte ad un efficiente ed affidabile sistema di supervisione e controllo che ne consenta la gestione in automatico.

Comunicazione e consapevolezza pubblica
E' necessaria la predisposizione di un programma di comunicazione periodica cha preveda:
- la diffusione periodica di rapporti ambientali;
- la comunicazione periodica a mezzo stampa locale;
- la distribuzione di materiale informativo;
- l'apertura degli impianti per le visite del pubblico;
- la diffusione periodica dei dati sulla gestione dell'impianto.

E.5.4 Aspetti di pianificazione e gestione

Ubicazione dell'impianto
La scelta del sito deve essere effettuata sulla base di valutazioni comparative tra diverse localizzazioni che tengano in considerazione tutti gli aspetti logistici, di collegamento con le diverse utenze e con gli impianti di destinazione dei materiali da recuperare o con gli impianti di smaltimento nonché di impatto ambientale.
Aree industriali dimesse o quelle destinate agli insediamenti industriali, dalle pianificazioni urbanistiche dei Comuni costituiscono la collocazione più idonea per gli impianti.
Nel luogo di insediamento dell'impianto i disagi dovuti agli eventuali impatti negativi riconducibili all'attività di trattamento dei rifiuti organici dovrebbero risultare il più possibile circoscritti, sia per quanto riguarda le emissioni maleodoranti che l'inquinamento acustico. In particolare, il sistema di trattamento prescelto dovrà essere adattato alle caratteristiche del luogo (o viceversa), con specifico riferimento sia alle sistemazioni superficiali per il corretto drenaggio delle acque meteoriche, sia alle misure di prevenzione nei confronti di ogni forma di inquinamento.

Ai fini dell'individuazione delle aree idonee devono essere acquisite tutte le informazioni bibliografiche e cartografiche relative alle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche,

idrogeologiche, vincolistiche, ecc. del territorio in esame, da integrare eventualmente con indagini di campo.
Altri aspetti, di natura territoriale e socioeconomica, che intervengono successivamente nella scelta delle aree selezionate, sono:

- presenza di rilevanti beni storici, artistici, archeologici;
- la distribuzione della popolazione;
- la distribuzione delle industrie sul territorio.

Trasporti e collegamento al sistema viario
Deve essere garantito un collegamento viario idoneo al transito dei mezzi per il conferimento dei rifiuti e per l'allontanamento dei residui.
Il conferimento dei rifiuti mediante ferrovia, se fattibile dal punto di vista tecnico-economico, è da privilegiare.
Al fine di ridurre i costi di trasporto e l'impatto sull'ambiente è necessario prevedere l'impiego di autocarri con la massima portata utile; di conseguenza è necessario verificare la disponibilità di strade adeguate.

F. IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZIONE OVE POSSIBILE DEL RANGE DI PRESTAZIONE

Il fatto che, a fronte del consolidamento del ruolo del trattamento aerobico, anche la digestione anaerobica stia ottenendo sempre maggiore attenzione tra le tecnologie per il trattamento dei rifiuti solidi organici, come evidenziato nei paragrafi precedenti, ha invogliato, in particolare in questi ultimi anni, sempre più i progettisti ad esaminare le possibili integrazioni dei due processi al fine di ottimizzarne i rispettivi pregi e minimizzarne gli svantaggi (Piccinini S. et al., 2001).

I principali vantaggi e svantaggi dei due processi possono essere così sintetizzati:

- la digestione anaerobica produce energia rinnovabile (biogas) a fronte del trattamento aerobico che consuma energia;
- gli impianti anaerobici sono in grado di trattare tutte le tipologie di rifiuti organici indipendentemente dalla loro umidità, a differenza del trattamento aerobico che richiede un certo tenore di sostanza secca nella miscela di partenza;
- gli impianti anaerobici sono reattori chiusi e quindi non vi è rilascio di emissioni gassose maleodoranti in atmosfera, come può avvenire durante la prima fase termofila del trattamento aerobico;
- nella digestione anaerobica si ha acqua di processo in eccesso che necessita di uno specifico trattamento, mentre nel trattamento aerobico le eventuali acque di percolazione possono essere ricircolate come agente umidificante sui cumuli in fase termofila;
- gli impianti di digestione anaerobica richiedono investimenti iniziali maggiori rispetto a quelli di trattamento aerobico;
- la qualità del digestato, in uscita dalla digestione anaerobica, comporta un uso agronomico diverso rispetto al prodotto ottenuto dal trattamento aerobico.
- l'integrazione dei due processi può portare dei notevoli vantaggi, in particolare:
    - si migliora nettamente il bilancio energetico dell'impianto, in quanto nella fase anaerobica si ha in genere la produzione di un surplus di energia rispetto al fabbisogno dell'intero impianto;
    - si possono controllare meglio e con costi minori i problemi olfattivi; le fasi maggiormente odorigene sono gestite in reattore chiuso e le "arie esauste" sono rappresentate dal biogas (utilizzato e non immesso in atmosfera). Il digestato è già un materiale semi-stabilizzato e, quindi, il controllo degli impatti olfattivi durante il post-compostaggio aerobico risulta più agevole;
    - si ha un minor impegno di superficie a parità di rifiuto trattato, pur tenendo conto delle superfici necessarie per il post-compostaggio aerobico, grazie alla maggior compattezza dell'impiantistica anaerobica;
    - si riduce l'emissione di CO_2 in atmosfera (Kubler H. et al., 1999) da un minimo del 25% sino al 67% (nel caso di completo utilizzo dell'energia termica prodotta in cogenerazione); l'attenzione verso i trattamenti dei rifiuti a bassa emissione di gas serra è un fattore che assumerà sempre più importanza in futuro.

Nella Figura 17 si riporta, a titolo di esempio, un possibile schema di ciclo di trattamento integrato anaerobico/aerobico di rifiuti organici (Gruppo di lavoro CITEC, 2000).

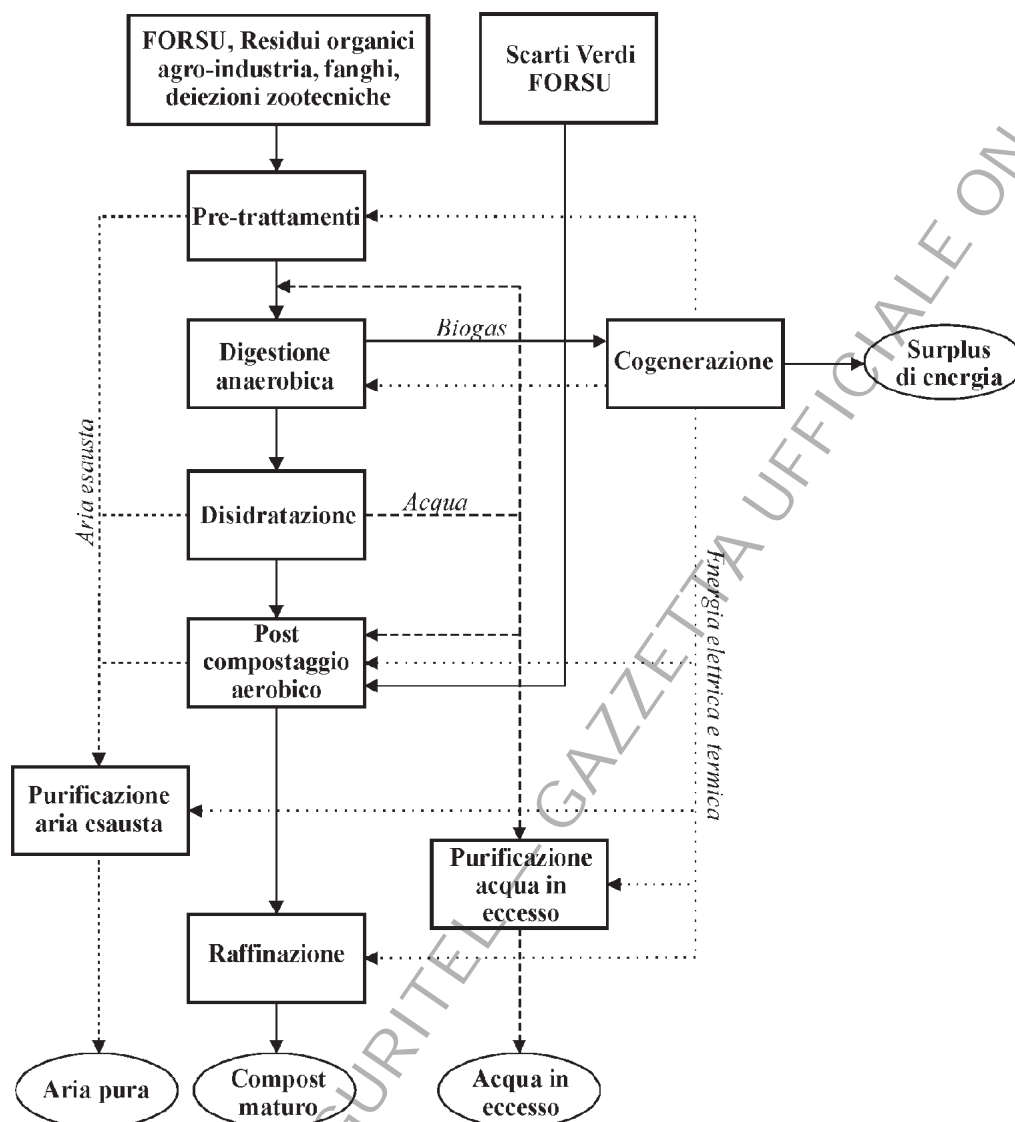



Figura 17: Schema del ciclo di trattamento integrato anaerobico/aerobico

L'inserimento della digestione anaerobica, secondo lo schema di Figura 20, risulta interessante anche per tutti quegli impianti di compostaggio che, alla luce dell'incremento delle raccolte differenziate secco/umido, si trovano nella necessità di aumentare la capacità di trattamento dell'umido.

G. DEFINIZIONE (SULLA BASE DELL'APPROFONDIMENTO E DELL'ESTENSIONE DELLE ANALISI SVOLTE IN SEDE COMUNITARIA) DELLA LISTA DELLE MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO DELLO SPECIFICO SETTORE IN ITALIA

L'adozione delle B.A.T. per gli impianti di trattamento meccanico biologico riguardano miglioramenti nell'efficienza ambientale, ma anche di rendimento economico delle attività di che trattasi.
La loro definizione ha come scopo principale di fornire alle autorità preposte il riferimento su cui valutare compiutamente le richieste di autorizzazione integrata in campo ambientale in ambito IPPC. Al tempo stesso, esse possono risultare di aiuto anche agli operatori essendo sottinteso che di esse occorre tenere in dovuto conto, ove applicabili, in sede di predisposizione della richiesta di autorizzazione.
Le varie tematiche di interesse sono state sviluppate, per quanto possibile, in modo sequenziale, analizzando le tecniche secondo la sequenza di trattamenti che caratterizzano un impianto di trattamento meccanico – biologico. Tutte le migliori tecniche sono state ampiamente discusse nel paragrafo E2.
Nella tabella che segue vengono sinteticamente illustrate le BAT per ciascuna tipologia di impianto trattato.

Tabella. 51: Individuazione delle BAT

Conferimento e stoccaggio dei rifiuti all'impianto
1. Caratterizzazione preliminare del rifiuto. • caratteristiche chimico–fisiche, • classificazione del rifiuto e codice CER, • modalità di conferimento e trasporto. **2.Modalità di accettazione del rifiuto all'impianto.** • Programmazione delle modalità di conferimento dei carichi all'impianto. • Pesatura del rifiuto • Annotazione del peso lordo da parte dell'ufficio accettazione. **3. Congedo automezzo.** • Bonifica automezzo con lavaggio ruote. • Sistemazione dell'automezzo sulla pesa. • Annotazione della tara da parte dell'ufficio accettazione. • Congedo dell'automezzo. • Registrazione del carico sul registro di carico e scarico. **Occorre inoltre prevedere:** • Strutture di stoccaggio con capacità adeguata sia per i rifiuti da trattare sia per i rifiuti trattati • Mantenimento di condizioni ottimali dell'area di impianto • Adeguati isolamento e protezione dei rifiuti stoccati • Minimizzazione della durata dello stoccaggio. • Installazione di adeguati sistemi di sicurezza ed antincendio • Minimizzazione delle emissioni durante le fasi di movimentazione e stoccaggio

Trattamento meccanico - biologico
• Movimentazione ed alimentazione dei rifiuti • Idoneo posizionamento degli operatori addetti alla movimentazione • Disponibilità di spazio per i rifiuti rimossi (e.: ingombranti) • Pre – trattamenti (triturazione/lacerazione/sfibratura, miscelazione, demetallizzazione vedi par.D3.2) • Trattamento di biostabilizzazione o di digestione anaerobica della frazione organica secondo le procedure indicate in D3.3 ed E2. • Post – trattamenti di raffinazione del prodotto stabilizzato con processo aerobico (vagliatura, classificazione densimetrica, demetallizzazione) • Post – trattamenti di raffinazione del prodotto stabilizzato con processo anaerobico (produzione e depurazione del biogas, disidratazione fanghi, stabilizzazione e raffinazione del fango digerito) • Controllo di qualità dei rifiuti trattati • Stoccaggio/Utilizzo dei prodotti finali

Trattamento delle emissioni gassose
• Adeguata individuazione del sistema di trattamento • Consumi energetici compresa la valutazione • Abbattimento delle polveri • Riduzione degli odori mediante l'utilizzo di appositi presidi ambientali individuati nei paragrafi D.4 ed E2.3

Trattamento dei reflui prodotti nell'impianto
• Impiego di sistemi di trattamento a minor produzione di effluenti • Massimizzazione del ricircolo delle acque reflue • Raccolta separata delle acque meteoriche pulite • Adeguati sistemi di stoccaggio ed equalizzazione • Impiego di sistemi di trattamento chimico-fisico • Trattamento biologico delle acque reflue

Caratterizzazione dei residui solidi
• Individuazione delle migliori tecniche di smaltimento e/o recupero dei residui • Rimozione degli inerti dagli scarti del separatore aeraulico • Recupero degli inerti • Disidratazione dei fanghi della digestione anaerobica, loro stabilizzazione e stoccaggio/riutilizzo

Rumore
• Sistemi di scarico e pretrattamento al chiuso • Impiego di materiali fonoassorbenti • Impiego di sistemi di coibentazione • Impiego di silenziatori su valvole di sicurezza, aspirazioni e scarichi di correnti gassose

Strumenti di gestione ambientale
• Sistemi di gestione ambientale (EMS) • Certificazioni EN ISO 14001 • EMAS

Comunicazione e consapevolezza dell'opinione pubblica
• Comunicazioni periodiche a mezzo stampa locale e distribuzione di materiale informativo • Organizzazione di eventi di informazione/discussione con autorità e cittadini • Apertura degli impianti al pubblico • Disponibilità dei dati di monitoraggio in continuo all'ingresso impianto e/o via Internet

H . ANALISI DELL'APPLICABILITA' AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE AL PUNTO PRECEDENTE

H.1 Applicazione delle BAT

L'applicabilità di una qualsiasi BAT, soprattutto nel caso degli impianti esistenti, non può risultare di carattere generale essendo essa legata a diversi fattori presenti a livello locale, che possono influenzare notevolmente le prestazioni raggiungibili.
Tra questi si citano:

- Le dimensioni dell'impianto;
- Il tempo di vita residuo ("età") dell'impianto;
- L'ubicazione e il contesto locale;
- Le caratteristiche dei rifiuti trattati;
- La presenza di vincoli di carattere tecnico;

Occorre ricordare che le prestazioni conseguibili con le BAT, siano esse di tipo ambientale che energetico, sono riferite a medie annuali. I campi di prestazioni riportati al paragrafo E2 non sono pertanto riferiti a eventi eccezionali od occasionali dell'impianto, ma riflettono invece l'incidenza che i suddetti fattori possono avere nell'applicazione di una specifica BAT in diversi contesti.

H.1.1 Le dimensioni dell'impianto

Si può senza dubbio affermare che l'economia di scala non consente agli impianti di taglia ridotta di ottenere, a parità di costo unitario, le stesse prestazioni ambientali, a causa dell'influenza negativa del fattore di scala. Questo può rendere alcune tecniche difficilmente applicabili.

H.1.2 L'età dell'impianto

In linea generale l'applicazione delle BAT dovrebbe essere idonea sia per gli impianti nuovi che per quelli esistenti.
E' altrettanto evidente che tale affermazione deve poi essere calata all'interno della realtà del singolo impianto.

H.1.3 L'ubicazione e il contesto locale

L'ubicazione dell'impianto può influenzare notevolmente l'efficacia e persino la stessa applicabilità di una specifica BAT.
Ad esempio la mancata disponibilità di aree esterne nel caso di un impianto di trattamento a cumuli in aia potrebbe richiedere l'utilizzo di una differente tecnologia per effettuare il trattamento meccanico biologico aerobico. Anche la vicinanza a una zona densamente popolata deve essere tenuta debitamente in considerazione, soprattutto con riferimento alle emissioni odorigene.

H.1.4 Le caratteristiche dei rifiuti trattati.

La conoscenza approfondita delle matrici in ingresso agli impianti di trattamento meccanico biologico è di estrema importanza, sia per preparare una miscela iniziale idonea, sia per orientare la qualità del prodotto in uscita dall'impianto.
Infatti, dalla tabella successiva si evidenziano i parametri del compost (inteso come prodotto finale) influenzati dalla biomassa trattata. Altri parametri sono invece regolati dalla corretta conduzione del processo.
La tipologia del rifiuto in ingresso influenza notevolmente il tipo di tecnologia più adatta per la realizzazione del trattamento meccanico – biologico bisognerà perciò avere una conoscenza esatta della composizione del rifiuto.

H.1.5 Presenza di vincoli di carattere tecnico

Tra le difficoltà che possono insorgere nell'applicazione di specifiche BAT occorre sicuramente annoverare:

- la compatibilità tecnica dell'intervento in esame con i criteri progettuali e/o realizzativi delle installazioni esistenti;
- la mancata disponibilità di aree idonee per l'installazione di apparecchiature, sistemi e/o componenti aggiuntivi.

H.2 Interventi per l'applicazione delle BAT

Per l'adeguamento del sistema impiantistico nazionale ai dettami della direttiva IPPC possono essere individuati due tipi di interventi:

- Interventi di carattere operativo gestionale, caratterizzati da tempi di realizzazione e costi relativamente ridotti, nonché vantaggi prestazionali accettabili per impianti che sono praticamente già in linea o quasi con la futura normativa;
- Interventi ristrutturativi, che prevedono il rifacimento, più o meno esteso, di qualche sezione dell'impianto individuata come critica e che comportano tempi di realizzazione (indicativamente dell'ordine dei 24 mesi) con maggiori impegni economici.

Nella valutazione della scelta delle migliori tecniche si deve, anche, tener presente che potrebbe risultare difficoltoso adottarne alcune (es. sostituire un processo tecnologico con un altro) in impianti esistenti.

Tutte le tecniche legate ad aspetti gestionali individuate al paragrafo E.5 devono essere, invece, sempre introdotte al fine di garantire elevati livelli di tutela dell'ambiente e della salute umana.

I. FATTIBILITÀ ECONOMICA DELLE TECNICHE ELENCATE ANALIZZATA ATTRAVERSO ANALISI COSTI-BENEFICI

I.1 Considerazioni economiche di carattere generale sugli impianti di trattamento meccanico biologico

Gli impianti di trattamento meccanico – biologico sono caratterizzati da valori specifici dei costi di investimento e di gestione variabili in un campo molto ampio, in conseguenza dei numerosi fattori che concorrono alla sua definizione.

I.1.1 Costi di investimento e di gestione per impianti di trattamento aerobico

Di seguito si descrivono le principali voci del costo di gestione di un impianto tipo di selezione meccanica di RU, produzione di CDR e compostaggio della frazione umida.
L'analisi si riferisce ai seguenti dati di base:

- Potenzialità di trattamento dell'impianto: 120.000ton/anno (pari a circa 400 t/g) di rifiuti urbani
- Prodotti derivanti dal trattamento (in media e riferiti al peso dei materiali entranti):

- CDR-fluff 30% pari a 36.000 t/y
- Frazione organica stabilizzata (compost grigio) 15% 18.000 t/y
- Ferro (+ alluminio) 3% pari a 3.000 t/y
- Residui di lavorazione igienizzati 25% pari a 30.000 t/y

I costi dell'impianto sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 52: Costi di un impianto di trattamento biologico

Investimenti	
Immobilizzazioni	I_1
Acquisto macchine operatrici	I_2
Totale investimenti	$\Sigma_i I_i$
Costi di gestione ordinaria	
Spese per il personale	Cg_1
Costi tecnici di produzione	Cg_2
Manutenzioni, riparazioni e acquisti ricambi	Cg_3
Prestazioni di terzi	Cg_4
Costi amministrativi e finanziari	Cg_5
Totale parziale	$\Sigma_i Cg_i$
Spese generali: 20% di ($\Sigma_i I_i + \Sigma_i Cg_i$)	S_g
Costo totale di gestione ordinaria	$\Sigma_i Cg_i + S_g$
Ammortamento finanziario degli investimenti	A_α[5]
Costo di esercizio globale dell'impianto tecnologico CT	$\Sigma_i Cg_i + S_g + A_\alpha$
Costo unitario del trattamento tecnologico (€/t)	CT/Q

E' evidente che i costi di gestione sono fortemente influenzati da molti fattori, tra cui la taglia, l'età, l'ubicazione dell'impianto, nonché la disponibilità di infrastrutture e servizi.
Non è possibile, quindi, dare delle indicazioni generalmente valide per i costi suddetti.

[5] La formula dell'ammortamento è: $\mathbf{A_\alpha = c\Sigma_i I_i}$ **dove** $\mathbf{c= (1+t)^{n-t}/(1+t)^{n-1}}$, con t = tasso % di interesse e **n** = numero anni di ammortamento.

Si riportano di seguito (tabella 53) dati di riferimento delle grandezze in gioco, per impianti da 400 ton/g:

Tabella. 53: Valori del costo totale di gestione ordinaria di impianti di trattamento biologico 400 ton/g.

RIPARTIZIONE PERCENTUALE DEI COSTI DI GESTIONE DI UN IMPIANTO DI TRATTAMENTO MECCANICO/BIOLOGICO (400 Ton/GG.)			
Voci di costo	**Lire /anno**	**€**	**% sul totale**
Spese per il personale	1.750.000.000	903.800	22
Costi tecnici di produzione	605.000.000	312.456	8
Manutenzione riparazioni ricambi acquisti	1.020.000.000	526.786	13
Prestazioni di terzi	480.000.000	247.899	6
Costi amministrativi e finanziari	304.000.000	157.003	4
TOTALE PARZIALE	4.159.000.000	2.147.944	52
Spese generali alea e utili di gestione (20%)	831.800.000	429.589	10
COSTO TOTALE GESTIONE ORDINARIA	4.990.800.000	2.577.533	63
Ammortamento finanziario degli investimenti	2.947.000.000	1.521.998	37
COSTO DI ESERCIZIO GLOBALE DELL'IMPIANTO TECNOLOGICO	7.937.800.000	4.099.532	100

Quindi il costo unitario del trattamento tecnologico è:
costo di esercizio globale impianto ML/y (7.937.800.000)/ potenzialità di trattamento impianto t/y (120.000) = 66.150 L/t – 34.163 €/t

I.1.2 Costi di investimento e di gestione per impianti di trattamento anaerobico

Non sono disponibili dati relativi ai costi di investimento e di gestione per impianti di trattamento anaerobico.

J. DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

J.1 La definizione di BAT

J.1.1 La direttiva 96/61/CE

La direttiva 96/61/CE ("Direttiva IPPC") definisce le "***migliori tecniche disponibili***" come:
"la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso".
A tale scopo occorre tenere presente le seguenti definizioni:

- *"tecniche"*, si intende sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- *"migliori"*, qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;
- *"disponibili"*, qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli;

J.1.2 Impatto ambientale e rischi

Le tecniche individuate devono minimizzare l'impatto dell'impianto sull'ambiente relativo a tutte le matrici interessate (acqua, aria, suolo) e sulla salute umana, nel rispetto degli specifici requisiti stabiliti dalla normativa vigente. La sicurezza dei lavoratori deve essere tutelata, in accordo alla vigente normativa.

J.1.3 Fattibilità tecnico-economica

Le tecniche prescelte devono essere affidabili e deve essere garantita la qualità dei sistemi e delle apparecchiature utilizzate. I costi di investimento, esercizio e manutenzione devono essere sostenibili. Le analisi costi-benefici devono aver dato prova positiva.

J.1.4 Processo decisionale per l'individuazione delle BAT

Per l'individuazione di una BAT occorre mettere in atto un processo decisionale che sulla base dei dati disponibili sulla tecnica in esame e delle specifica applicazione, tenuto conto dei fattori locali e degli aspetti summenzionati possa portare ad una valutazione della sua applicabilità.

J.2 Criteri di individuazione delle BAT

Considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle migliori tecniche disponibili, tenuto conto dei costi e dei benefici che possono risultare da un'azione e del principio di precauzione e prevenzione.

J.2.1 Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti

Le tecniche adottate nei processi di trattamento meccanico biologico dei rifiuti devono essere tali da minimizzare la produzione dei rifiuti e la loro pericolosità.
Queste tecniche devono tendere ad ottenere come prodotto finale un rifiuto stabilizzato.
Le tecniche devono limitare anche la produzione di rifiuti non direttamente collegati al processo, ma all'esercizio dell'impianto nel suo insieme, come parti di impianto sostituite, fanghi, reflui, ecc..

Inoltre devono essere affrontate le problematiche legate allo stoccaggio, carico, trasporto e scarico dei rifiuti prodotti.

J.2.2 Impiego di sostanze meno pericolose
Nella progettazione dell'impianto e nella sua conduzione deve essere previsto l'impiego di sostanze e materiali selezionati secondo i criteri della minore pericolosità e del minore consumo.

J.3 Tecniche per il ricupero/riciclo delle correnti in uscita al processo e dei rifiuti
I materiali e le sostanze impiegate nei vari processi devono essere recuperati al massimo possibile, nel rispetto della normativa vigente.
In particolare, per la loro rilevanza quantitativa, le tecniche di gestione devono essere finalizzate a massimizzare:

- la produzione ed il riutilizzo del biogas
- la produzione ed il riutilizzo del biostabilizzato
- l'utilizzo del CDR a fini di recupero energetico
- utilizzo dei fanghi da inviare a successivo circuito di recupero e/o utilizzo energetico
- il riciclo delle acque di scarico per usi interni all'impianto.

J.4 Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale
Le tecniche individuate devono garantire prestazioni e livelli di esercizio verificati sulla base di applicazioni di successo su scala industriale.
L'impianto deve garantire elevata disponibilità e affidabilità di esercizio.
E' importante la molteplicità di fornitori e la disponibilità sul mercato di ricambi, materiali e reagenti necessari per l'esercizio e per le manutenzioni.
Le tecniche adottate devono essere compatibili con le condizioni locali (ambientali, climatiche, geografiche, socio-economiche).

J.5 Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico
Le tecniche devono essere scelte alla luce delle evoluzioni in campo scientifico e dei relativi progressi tecnici conseguiti nel settore del trattamento biologico dei rifiuti.
Qualsiasi tecnica deve dimostrare anche la capacità di evolvere ed essere in grado di adattarsi a nuove soluzioni e condizioni.

J.6 Natura, effetti e volume delle emissioni
La valutazione degli effetti delle emissioni deve tenere conto della situazione al contorno (piani di qualità dell'aria e dell'acqua, piani territoriali e urbanistici, ecc.)
Devono essere utilizzate le tecniche più avanzate per la misurazione delle emissioni e dei parametri di processo, nel rispetto dei requisiti minimi prescritti dalla normativa.

J.7 Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti
Sono da considerare la vita media di un impianto e la sua capacità produttiva nel tempo.

J.8 Tempo richiesto per l'adozione di una migliore tecnica disponibile
Nel settore del trattamento dei rifiuti, la variabilità e complessità dei materiali da trattare richiedono l'attenta sperimentazione e la verifica sul campo di qualsiasi nuova tecnica proposta.
Gli investimenti necessari possono essere notevoli, anche alla luce delle taglie significative degli impianti; molto spesso il passaggio dalla sperimentazione alla realizzazione industriale è un processo lento e costoso che può richiedere anni.

J.9 Consumo di risorse

Le tecniche selezionate devono essere finalizzate alla la minimizzazione dei consumi di acqua, materie prime, energia; devono inoltre prediligere l'impiego di sostanze e materiali la cui produzione è, a sua volta, causa di un ridotto impatto ambientale e minimi consumi energetici.
In questa valutazione può risultare utile l'impiego di sistemi di analisi del ciclo di vita (LCA).
Le tecniche prescelte devono massimizzare l'efficienza del ciclo termico e utilizzare apparecchiature a basso consumo di energia.
In particolare deve essere minimizzata l'emissione specifica per unità di energia prodotta.

J.10 Prevenzione e riduzione dell'impatto globale sull'ambiente

E' necessario minimizzare l'impatto delle emissioni in aria e in acqua, tenendo conto della specifica realtà territoriale in cui è insediato l'impianto. L'impatto globale deve essere valutato nell'ambito di piani locali della qualità dell'aria e delle acque.
Deve essere accuratamente valutato che un impianto non affidabile può mettere in crisi il servizio (pubblico o meno) di smaltimento rifiuti.
Inoltre, occorre ridurre al minimo il numero di fermate e avviamenti dell'impianto, perché in queste fasi vengono, di solito, emesse le maggiori quantità di inquinanti.
Sono richieste tecniche di misurazione di elevata qualità per il monitoraggio in continuo dei parametri operativi dell'impianto e delle emissioni.

J.11 Prevenzione degli incidenti e minimizzazione degli effetti

Le tecniche adottate devono considerare la possibilità di incidenti, guasti e malfunzionamenti degli impianti e prevenirne o limitarne le conseguenze. Gli impianti devono essere dotati di sistemi di sicurezza intrinseca e di adeguate riserve. In caso di guasto improvviso o di mancanza di alimentazione, le apparecchiature devono portarsi autonomamente in condizioni di massima sicurezza.
Tenere in debita considerazione l'avvio, le perdite, le disfunzioni, gli arresti temporanei e l'arresto definitivo dell'impianto. Le tecniche prescelte devono prevedere tutte le misure per fronteggiare qualsiasi condizione anomala di esercizio.
Deve essere previsto un idoneo sistema antincendio.
La responsabilità della gestione dell'impianto va affidata a persone competenti e il personale deve essere adeguatamente addestrato.

BIBLIOGRAFIA

- European IPPC Bureau (a cura di) “Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries”, August 2005
- CITEC (2002), *“Linee guida per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani”*, Ed. Hyper
- APAT/Osservatorio Nazionale sui Rifiuti “Rapporto Rifiuti 2004”, dicembre 2004
- APAT/Osservatorio Nazionale sui Rifiuti “Rapporto Rifiuti 2005”, dicembre 2005
- APAT/ONR *“Il trattamento anaerobico dei rifiuti. Aspetti progettuali e gestionali”* (2002)
- APAT *“Metodi di misura della stabilità biologica dei rifiuti”*
- (2003)APAT/ONR *“ Il recupero di sostanza organica dai rifiuti per la produzione di ammendanti di qualità”* (2002).
- Regione Lombardia – Deliberazione di Giunta Regionale n. 7/12764 del 16.04.2003 *“Linee guida relative alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost – Revoca della D.g.r. 16 luglio 1999, n. 44263”*
- Regione Sicilia – Presidenza Commissario Delegato per l'emergenza rifiuti e la tutela delle acque – O.P.C.M. n. 2983 del 31.05.1999 *“Linee guida per la progettazione, la realizzazione e la gestione degli impianti di compostaggio”*.
- Regione Basilicata (2002): *Linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio e di stabilizzazione.*
- Regione Campania (2002) - *Criteri e linee guida per l'utilizzo della frazione organica stabilizzata-Comitato tecnico ex ordinanza Commissariale n.058/2002.*
- Regione Puglia Bollettino ufficiale Puglia n.135 del 23/10/2002 *(pag. 9978-5.4.2 Opzione 2-Produzione di RBM e FSC-2.B Trattamento di biostabilizzazione primaria).*
- S. Piccinini – *Il compostaggio in Italia* – Maggioli Editore – Marzo 2002.
- G. Lissens, P. Vandevivere, L. De Baere, E.M. Bley, W. Vestraete (2001), "*Solid waste digestors: process performance and practice for municipal solid waste digestion*", Water Science and Technology, vol. 44, n. 8, 91-102

GLOSSARIO

Definizioni

Ammendante
Prodotto atto al miglioramento delle proprietà fisiche, meccaniche e biologiche del terreno. Può essere di natura organica, minerale o sintetica. Gli ammendanti sono commercializzati in Italia secondo i criteri individuati dalla Legge n.748/84 e succ. modd.

Bioconversione
L'insieme dei processi biologici, effettuati da microrganismi aerobici ed anaerobici, di trasformazione del materiale organico sottoposto al trattamento biologico.

Biossidazione
Rappresenta la prima fase del processo di compostaggio con decomposizione delle molecole organiche più facilmente degradabili e formazione di composti intermedi parzialmente trasformati. In questa fase l'intesa attività microbica causa un elevato consumo di ossigeno ed un innalzamento della temperatura. Al termine di questa fase il carico di fermentescibilità del materiale organico è significativamente ridotto.

Biostabilizzazione
Processo biossidativo termofilo che si differenzia dal compostaggio per l'impiego di matrici non selezionate, come i rifiuti urbani indifferenziati, o selezionate a valle (frazione organica da selezione meccanica). Il processo può essere finalizzato alla sola riduzione della fermentescibilità senza fase di maturazione (biostabilizzato tradizionale) oppure alla produzione di biostabilizzato per impieghi con finalità agronomiche.

Biostabilizzato da discarica
Prodotto della biostabilizzazione condotta in condizioni aerobiche con la sola fase di biossidazione, senza maturazione. La matrice di partenza può essere rifiuti urbani indifferenziati, tal quali o selezionati meccanicamente mediante vagliatura per il trattamento della sola frazione umida di sottovaglio. Il prodotto ottenuto ha una fermentescibilità residua ridotta e può essere utilizzato esclusivamente come terra di copertura giornaliera delle discariche.

Compost da rifiuti o Compost Grigio
Biostabilizzato simile al compost ma proveniente dal trattamento meccanico-biologico che comprende la fase di maturazione di rifiuti urbani a basso grado di purezza merceologica. Tale matrice è sottoposta ad una vagliatura, che può avvenire prima del processo oppure in una fase intermedia o finale.

Compostaggio
Processo biossidativo termofilo ed esotermico che avviene in condizioni controllate a carico di matrici organiche in fase solida.
Esso evolve attraverso due fasi (biossidazione e maturazione) e porta alla produzione di acqua, anidride carbonica, calore e compost.

Digestione anaerobica
Bioconversione di sostanza organica effettuata in assenza di ossigeno, finalizzata alla produzione di biogas e di frazione organica residua parzialmente stabilizzata, e comunque soggetta a spontanee trasformazioni in ambiente aerobico.

Fermentescibilità
Attitudine di una matrice organica a subire reazioni biologiche con liberazione di energia (calore) e di metaboliti di varia natura, solitamente solubili, che rappresentano i materiali di partenza per l'umificazione.

Frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU)
Matrice organica putrescibile ad elevata umidità, proveniente dalla raccolta differenziata dei rifiuti urbani e costituita da residui alimentari, ovvero scarti di cucina. La raccolta avviene di norma da utenze selezionate e da utenze domestiche mediante modelli di gestione riconducibili al sistema porta a porta o all'utilizzo di specifici contenitori stradali.

Granulometria
Caratteristiche dimensionali delle particelle costituenti un materiale quale il compost. La granulometria generalmente viene indicata in mm.

Igienizzazione
Disattivazione degli agenti patogeni per l'uomo e per le colture e dei semi vitali nelle matrici organiche in corso di trasformazione.
L'igienizzazione avviene per autoriscaldamento naturale provocato dall'attività microbica soprattutto durante la biossidazione.

Impianto
Insieme delle strutture ed attrezzature che costituiscono l'unità operativa in grado di gestire un'attività di compostaggio.

Matrice organica
Prodotto costituto prevalentemente da sostanza organica di origine naturale (animale o vegetale), la cui tipologia sia facilmente identificabile e riconoscibile: scarti della manutenzione del verde, letame, fanghi, frazione organica dei rifiuti solidi urbani, scarti colturali, etc.

Maturazione
Nei processi biologici la maturazione segue la fase di biossidazione e consiste in una lenta trasformazione della sostanza organica, nel corso della quale avviene l'umificazione.

Raffinazione
Operazione di nobilitazione del compost al termine della fase di maturazione. La raffinazione consente di raggiungere il grado di pulizia prefissato e può avvenire per vagliatura, riduzione della granulometria, deferrizzazione, classificazione aeraulica, etc..

Stabilizzazione
Perdita permanente della biodegradabilità, della fermentescibilità e della fitotossicità della sostanza organica indotta dal compostaggio.

Vagliatura

Operazione che consente di separare le particelle di un compost in classi granulometriche differenti secondo le diverse dimensioni. La vagliatura normalmente è un'operazione necessaria per la raffinazione del compost e può avvenire con vagli diversi per caratteristiche tecnologiche.

Abbreviazioni e acronimi

ACT = Active Composting Time
BTEX = Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni
C/N = rapporto Carbonio/Azoto
CDR = Combustibile da Rifiuto
CEN = Comitato Europeo Normatore
CFC = CloroFluoroCarburi
D.Lgs. = Decreto Legislativo
die = giorno
EMAS = Eco-Management and Audit Scheme
EN = Norma Europea
FOP = frazione organica putrescibile
FORSU = Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani
G.U.C.E. = Gazzetta Ufficiale Comunità Europea
gg = giorni
HRT– Hydraulic Retention Time
IR= Indice di Respirazione
ISO = International Standardization Organisation
MBS= Mechanical-Biological and Stabilate Method
Nm^3 = normal metro cubo
NMTOC = Non Methane TOC
OLR = carico organico, Organic Loading Rate(kg SV/m^3 x d)
PCI= Potere Calorifico Inferiore
Q = portata (m^3/d)
RF = raccolta alla fonte
RS = raccolta separata
RSU= Rifiuto Solido Urbano
RU = Rifiuti Urbani
SGP = produzione specifica di gas (m^3/kg SV alim.)
SM = selezione meccanica
SPF = Solidi Potenzialmente Fermentescibili
ST = solidi totali (g/kg FOP)
SV = solidi volatili (g/kg FOP; %TS)
SVT = solidi totali volatili (g/kg FOP)
TB= Trattamento Biologico
TMB= Trattamento Meccanico-Biologico
UNI = Ente Nazionale Italiano di Unificazione
VFA, TVFA = acidi grassi volatili (gAcH/m^3)

07A04477

AUGUSTA IANNINI, *direttore* FRANCESCO NOCITA, *redattore*

(G703117/1) Roma, 2007 - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. - S.

ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO

LIBRERIE CONCESSIONARIE PRESSO LE QUALI È IN VENDITA LA GAZZETTA UFFICIALE

cap	**località**	libreria	indirizzo	pref.	tel.	fax
00041	**ALBANO LAZIALE (RM)**	LIBRERIA CARACUZZO	Corso Matteotti, 201	06	9320073	93260286
60121	**ANCONA**	LIBRERIA FOGOLA	Piazza Cavour, 4-5-6	071	2074606	2060205
81031	**AVERSA (CE)**	LIBRERIA CLA.ROS	Via L. Da Vinci, 18	081	8902431	8902431
70124	**BARI**	CARTOLIBRERIA QUINTILIANO	Via Arcidiacono Giovanni, 9	080	5042665	5610818
70121	**BARI**	LIBRERIA EGAFNET.IT	Via Crisanzio, 16	080	5212142	5243613
13900	**BIELLA**	LIBRERIA GIOVANNACCI	Via Italia, 14	015	2522313	34983
40132	**BOLOGNA**	LIBRERIA GIURIDICA EDINFORM	Via Ercole Nani, 2/A	051	4218740	4210565
40124	**BOLOGNA**	LIBRERIA GIURIDICA - LE NOVITÀ DEL DIRITTO	Via delle Tovaglie, 35/A	051	3399048	3394340
21052	**BUSTO ARSIZIO (VA)**	CARTOLIBRERIA CENTRALE BORAGNO	Via Milano, 4	0331	626752	626752
91022	**CASTELVETRANO (TP)**	CARTOLIBRERIA MAROTTA & CALIA	Via Q. Sella, 106/108	0924	45714	45714
95128	**CATANIA**	CARTOLIBRERIA LEGISLATIVA S.G.C. ESSEGICI	Via F. Riso, 56/60	095	430590	508529
88100	**CATANZARO**	LIBRERIA NISTICÒ	Via A. Daniele, 27	0961	725811	725811
66100	**CHIETI**	LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI	Via Asinio Herio, 21	0871	330261	322070
22100	**COMO**	LIBRERIA GIURIDICA BERNASCONI - DECA	Via Mentana, 15	031	262324	262324
87100	**COSENZA**	LIBRERIA DOMUS	Via Monte Santo, 70/A	0984	23110	23110
50129	**FIRENZE**	LIBRERIA PIROLA già ETRURIA	Via Cavour 44-46/R	055	2396320	288909
71100	**FOGGIA**	LIBRERIA PATIERNO	Via Dante, 21	0881	722064	722064
03100	**FROSINONE**	L'EDICOLA	Via Tiburtina, 224	0775	270161	270161
16121	**GENOVA**	LIBRERIA GIURIDICA	Galleria E. Martino, 9	010	565178	5705693
95014	**GIARRE (CT)**	LIBRERIA LA SEÑORITA	Via Trieste angolo Corso Europa	095	7799877	7799877
73100	**LECCE**	LIBRERIA LECCE SPAZIO VIVO	Via Palmieri, 30	0832	241131	303057
74015	**MARTINA FRANCA (TA)**	TUTTOUFFICIO	Via C. Battisti, 14/20	080	4839784	4839785
98122	**MESSINA**	LIBRERIA PIROLA MESSINA	Corso Cavour, 55	090	710487	662174
20100	**MILANO**	LIBRERIA CONCESSIONARIA I.P.Z.S.	Galleria Vitt. Emanuele II, 11/15	02	865236	863684

Segue: **LIBRERIE CONCESSIONARIE PRESSO LE QUALI È IN VENDITA LA GAZZETTA UFFICIALE**

cap	località	libreria	indirizzo	pref.	tel.	fax
80134	**NAPOLI**	LIBRERIA LEGISLATIVA MAJOLO	Via Tommaso Caravita, 30	081	5800765	5521954
28100	**NOVARA**	EDIZIONI PIROLA E MODULISTICA	Via Costa, 32/34	0321	626764	626764
90138	**PALERMO**	LA LIBRERIA DEL TRIBUNALE	P.za V.E. Orlando, 44/45	091	6118225	552172
90138	**PALERMO**	LIBRERIA S.F. FLACCOVIO	Piazza E. Orlando, 15/19	091	334323	6112750
90145	**PALERMO**	LA LIBRERIA COMMISSIONARIA	Via S. Gregorietti, 6	091	6859904	6859904
90133	**PALERMO**	LIBRERIA FORENSE	Via Maqueda, 185	091	6168475	6177342
43100	**PARMA**	LIBRERIA MAIOLI	Via Farini, 34/D	0521	286226	284922
06087	**PERUGIA**	CALZETTI & MARIUCCI	Via della Valtiera, 229	075	5997736	5990120
29100	**PIACENZA**	NUOVA TIPOGRAFIA DEL MAINO	Via Quattro Novembre, 160	0523	452342	461203
59100	**PRATO**	LIBRERIA CARTOLERIA GORI	Via Ricasoli, 26	0574	22061	610353
00192	**ROMA**	LIBRERIA DE MIRANDA	Viale G. Cesare, 51/E/F/G	06	3213303	3216695
00195	**ROMA**	COMMISSIONARIA CIAMPI	Viale Carso, 55-57	06	37514396	37353442
00187	**ROMA**	LIBRERIA GODEL	Via Poli, 46	06	6798716	6790331
00187	**ROMA**	STAMPERIA REALE DI ROMA	Via Due Macelli, 12	06	6793268	69940034
63039	**SAN BENEDETTO D/T (AP)**	LIBRERIA LA BIBLIOFILA	Via Ugo Bassi, 38	0735	587513	576134
10122	**TORINO**	LIBRERIA GIURIDICA	Via S. Agostino, 8	011	4367076	4367076
21100	**VARESE**	LIBRERIA PIROLA	Via Albuzzi, 8	0332	231386	830762
36100	**VICENZA**	LIBRERIA GALLA 1880	Viale Roma, 14	0444	225225	225238

MODALITÀ PER LA VENDITA

La «Gazzetta Ufficiale» e tutte le altre pubblicazioni dell'Istituto sono in vendita al pubblico:

- **— presso l'Agenzia dell'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. in ROMA, piazza G. Verdi, 10 - ☎ 06 85082147;**
- **— presso le librerie concessionarie indicate (elenco consultabile sul sito www.ipzs.it)**

L'Istituto conserva per la vendita le Gazzette degli ultimi 4 anni fino ad esaurimento. Le richieste per corrispondenza potranno essere inviate a:

Funzione Editoria - U.O. DISTRIBUZIONE
Attività Librerie concessionarie, Vendita diretta e Abbonamenti a periodici
Piazza Verdi 10, 00198 Roma
fax: 06-8508-4117
e-mail: editoriale@ipzs.it

avendo cura di specificare nell'ordine, oltre al fascicolo di GU richiesto, l'indirizzo di spedizione e di fatturazione (se diverso) ed indicando il codice fiscale per i privati. L'importo della fornitura, maggiorato di un contributo per le spese di spedizione, sarà versato in contanti alla ricezione.

Le inserzioni, come da norme riportate nella testata della parte seconda, si ricevono con pagamento anticipato, presso le agenzie in Roma e presso le librerie concessionarie.

Per informazioni, prenotazioni o reclami attinenti agli abbonamenti oppure alla vendita della *Gazzetta Ufficiale* bisogna rivolgersi direttamente all'Amministrazione, presso l'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Piazza G. Verdi, 10 - 00100 ROMA

Gazzetta Ufficiale Abbonamenti	Vendite	Ufficio inserzioni	Numero verde
☎ 800-864035 - Fax 06-85082520	☎ 800-864035 - Fax 06-85084117	☎ 800-864035 - Fax 06-85082242	☎ 800-864035

GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

CANONI DI ABBONAMENTO ANNO 2007 (salvo conguaglio) (*)

GAZZETTA UFFICIALE - PARTE I (legislativa)

			CANONE DI ABBONAMENTO
Tipo A	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari:		
	(di cui spese di spedizione € 257,04)	- annuale	€ **438,00**
	(di cui spese di spedizione € 128,52)	- semestrale	€ **239,00**
Tipo A1	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi i soli supplementi ordinari contenenti i provvedimenti legislativi:		
	(di cui spese di spedizione € 132,57)	- annuale	€ **309,00**
	(di cui spese di spedizione € 66,28)	- semestrale	€ **167,00**
Tipo B	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti dei giudizi davanti alla Corte Costituzionale:		
	(di cui spese di spedizione € 19,29)	- annuale	€ **68,00**
	(di cui spese di spedizione € 9,64)	- semestrale	€ **43,00**
Tipo C	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti della CE:		
	(di cui spese di spedizione € 41,27)	- annuale	€ **168,00**
	(di cui spese di spedizione € 20,63)	- semestrale	€ **91,00**
Tipo D	Abbonamento ai fascicoli della serie destinata alle leggi e regolamenti regionali:		
	(di cui spese di spedizione € 15,31)	- annuale	€ **65,00**
	(di cui spese di spedizione € 7,65)	- semestrale	€ **40,00**
Tipo E	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata ai concorsi indetti dallo Stato e dalle altre pubbliche amministrazioni:		
	(di cui spese di spedizione € 50,02)	- annuale	€ **167,00**
	(di cui spese di spedizione € 25,01)	- semestrale	€ **90,00**
Tipo F	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari, ed ai fascicoli delle quattro serie speciali:		
	(di cui spese di spedizione € 383,93)	- annuale	€ **819,00**
	(di cui spese di spedizione € 191,46)	- semestrale	€ **431,00**
Tipo F1	Abbonamento ai fascicoli della serie generale inclusi i supplementi ordinari con i provvedimenti legislativi e ai fascicoli delle quattro serie speciali:		
	(di cui spese di spedizione € 264,45)	- annuale	€ **682,00**
	(di cui spese di spedizione € 132,22)	- semestrale	€ **357,00**

N.B.: L'abbonamento alla GURI tipo A, A1, F, F1 comprende gli indici mensili
Integrando con la somma di € 80,00 il versamento relativo al tipo di abbonamento alla *Gazzetta Ufficiale* - parte prima - prescelto, si riceverà anche l'**Indice Repertorio Annuale Cronologico per materie anno 2007.**

CONTO RIASSUNTIVO DEL TESORO

Abbonamento annuo (incluse spese di spedizione) € **56,00**

PREZZI DI VENDITA A FASCICOLI
(Oltre le spese di spedizione)

Prezzi di vendita:		
	serie generale	€ 1,00
	serie speciali (escluso concorsi), ogni 16 pagine o frazione	€ 1,00
	fascicolo serie speciale, *concorsi*, prezzo unico	€ 1,50
	supplementi (ordinari e straordinari), ogni 16 pagine o frazione	€ 1,00
	fascicolo Bollettino Estrazioni, ogni 16 pagine o frazione	€ 1,00
	fascicolo Conto Riassuntivo del Tesoro, prezzo unico	€ 6,00

I.V.A. 4% a carico dell'Editore

5ª SERIE SPECIALE - CONTRATTI ED APPALTI

(di cui spese di spedizione € 127,00)	- annuale	€ **295,00**
(di cui spese di spedizione € 73,00)	- semestrale	€ **162,00**

GAZZETTA UFFICIALE - PARTE II

(di cui spese di spedizione € 39,40)	- annuale	€ **85,00**
(di cui spese di spedizione € 20,60)	- semestrale	€ **53,00**

Prezzo di vendita di un fascicolo, ogni 16 pagine o frazione (oltre le spese di spedizione) € 1,00
I.V.A. 20% inclusa

RACCOLTA UFFICIALE DEGLI ATTI NORMATIVI

Abbonamento annuo		€ **190,00**
Abbonamento annuo per regioni, province e comuni - SCONTO 5%		€ **180,50**
Volume separato (oltre le spese di spedizione)	€ 18,00	

I.V.A. 4% a carico dell'Editore

Per l'estero i prezzi di vendita, in abbonamento ed a fascicoli separati, anche per le annate arretrate, compresi i fascicoli dei supplementi ordinari e straordinari, devono intendersi raddoppiati. Per il territorio nazionale i prezzi di vendita dei fascicoli separati, compresi i supplementi ordinari e straordinari, relativi ad anni precedenti, devono intendersi raddoppiati. Per intere annate è raddoppiato il prezzo dell'abbonamento in corso. Le spese di spedizione relative alle richieste di invio per corrispondenza di singoli fascicoli, vengono stabilite, di volta in volta, in base alle copie richieste.

N.B. - Gli abbonamenti annui decorrono dal 1° gennaio al 31 dicembre, i semestrali dal 1° gennaio al 30 giugno e dal 1° luglio al 31 dicembre.

RESTANO CONFERMATI GLI SCONTI IN USO APPLICATI AI SOLI COSTI DI ABBONAMENTO

ABBONAMENTI UFFICI STATALI
Resta confermata la riduzione del 52% applicata sul solo costo di abbonamento

* tariffe postali di cui al Decreto 13 novembre 2002 (G.U. n. 289/2002) e D.P.C.M. 27 novembre 2002 n. 294 (G.U. 1/2003) per soggetti iscritti al R.O.C.